[A]DMINISTRATION DES MINES — BESTUUR VAN HET MIJNWEZEN

Annales des Mines

DE BELGIQUE



Annalen der Mijnen

VAN BELGIE

Direction - Rédaction :
[I]NSTITUT NATIONAL DES
[I]NDUSTRIES EXTRACTIVES

Directie - Redactie :
NATIONAAL INSTITUUT VOOR
DE EXTRACTIEBEDRIJVEN

4000 LIEGE, 200 rue du Chéra — Tél. (041) 52 71 50

J. RAYNAUD : Levé magnétique dans le massif cambrien de Stavelot. — Perspectives économiques de la gazéification souterraine sous haute pression. - Economische vooruitzichten van de ondergrondse vergassing onder hoge druk. — C BRAEKMAN-DANHEUX et NGUYEN CU QUYEN : Fragmentation électronique et décomposition thermique du tolène et de quelques phénols. — G. DEGUELDRE : L'activité de l'Institut d'Hygiène des Mines en 1975. - Bedrijvigheid van het Instituut voor Mijnhygiëne in 1975. — INIEX : Revue de la littérature technique. — Bibliographie.

[F]EVRIER 1977 Mensuel — N° 2 — Maandelijks FEBRUARI 1977

DMINISTRATION DES MINES — BESTUUR VAN HET MIJNWEZEN

Annales des Mines

DE BELGIQUE



Annalen der Mijnen

VAN BELGIE

Direction - Rédaction :

ISTITUT NATIONAL DES
IDUSTRIES EXTRACTIVES

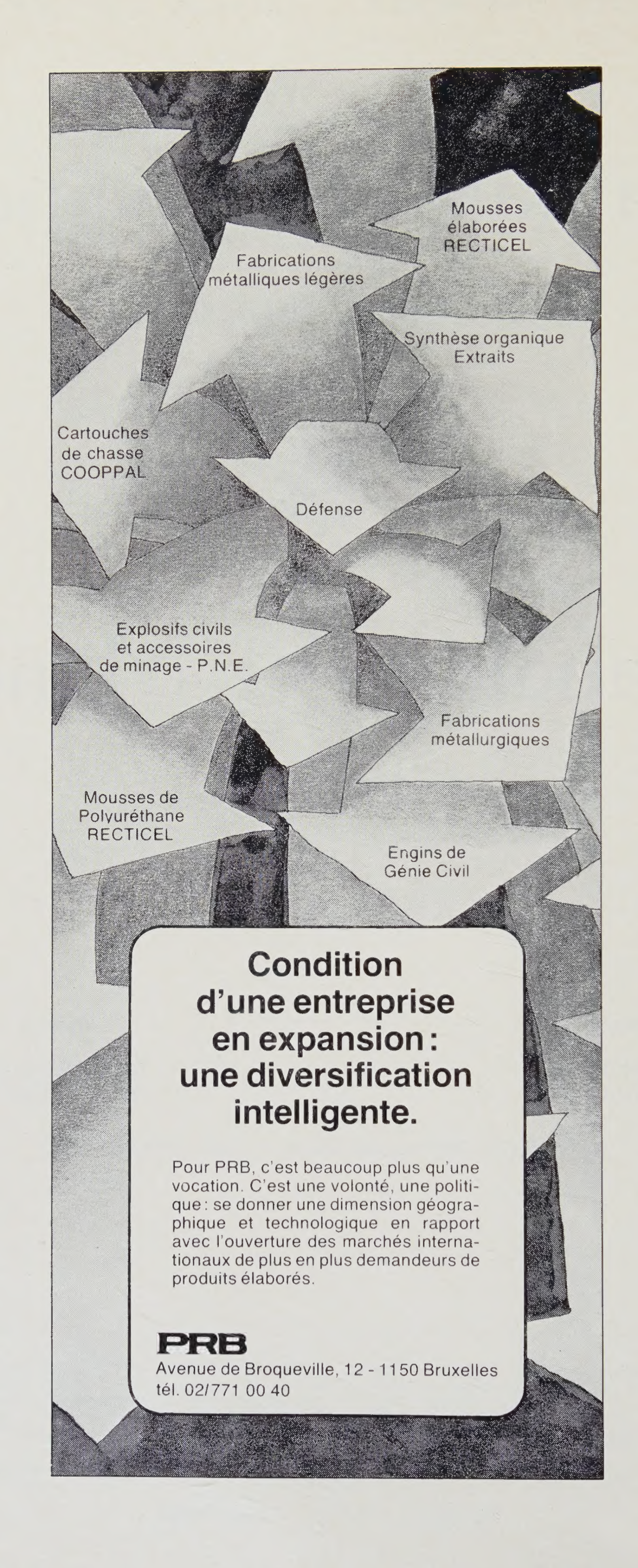
Directie - Redactie :

NATIONAAL INSTITUUT VOOR
DE EXTRACTIEBEDRIJVEN

4000 LIEGE, 200 rue du Chéra — Tél. (041) 52 71 50

J. RAYNAUD : Levé magnétique dans le massif cambrien de Stavelot. — Perspectives économiques de la gazéification souterraine sous haute pression. - Economische vooruitzichten van de ondergrondse vergassing onder hoge druk. — C BRAEKMAN-DANHEUX et NGUYEN CU QUYEN : Fragmentation électronique et décomposition thermique du tolène et de quelques phénols. — G. DEGUELDRE : L'activité de l'Institut d'Hygiène des Mines en 1975. - Bedrijvigheid van het Instituut voor Mijnhygiëne in 1975. — INIEX : Revue de la littérature technique. — Bibliographie.

EVRIER 1977 Mensuel — N° 2 — Maandelijks FEBRUARI 1977



Mousses
élaborées
RECTICEL
Fabrications
métalliques légères
Synthèse organique
Extraits
Cartouches
de chasse
COOPPAL
Défense
Explosifs civils
et accessoires
de minage - P.N.E.
Fabrications
métallurgiques
Mousses de
Polyuréthane
RECTICEL
Engins de
Génie Civil
Condition
d'une entreprise
en expansion:
une diversification
intelligente.
Pour PRB, c'est beaucoup plus qu'une vocation. C'est une volonté, une politique: se donner une dimension géographique et technologique en rapport avec l'ouverture des marchés internationaux de plus en plus demandeurs de produits élaborés.
PRB
Avenue de Broqueville, 12 - 1150 Bruxelles
tél. 02/771 00 40

ANNALES DES MINES

DE BELGIQUE

n° 2 — février 1977

ANNALEN DER MIJNEN

VAN BELGIE

nr. 2 — februari 1977

Direction-Rédaction :

INSTITUT NATIONAL DES INDUSTRIES EXTRACTIVES

Directie-Redactie :

NATIONAAL INSTITUUT VOOR DE EXTRACTIEBEDRIJVEN

4000 LIEGE, 200, rue du Chéra — TEL. (041) 52 71 50

Sommaire - Inhoud

DEUXIEMES JOURNEES DE L'INDUSTRIE MINERALE : HOMMAGE AU PROFESSEUR I. de MAGNEE

Université de Bruxelles, janvier 1976

RAYNAUD : Levé magnétique dans le massif cambrien de Stavelot 125

erspectives économiques de la gazéification souterraine sous haute pression
Economische vooruitzichten van de ondergrondse vergassing onder hoge druk 139

. BRAEKMAN-DANHEUX et NGUYEN CU QUYEN : Corrélation entre la fragmentation électronique et la décomposition thermique du toluène et de quelques phénols 179

. DEGUELDRE : L'activité de l'Institut d'Hygiène des Mines au cours de l'année 1975
Bedrijvigheid van het Instituut voor Mijnhygiëne gedurende het jaar 1975 185

IEX : Revue de la littérature technique 211

bliographie 223

DITION - ABONNEMENTS - PUBLICITE - UITGEVERIJ - ABONNEMENTEN - ADVERTENTIES

)50 BRUXELLES • EDITIONS TECHNIQUES ET SCIENTIFIQUES • 1050 BRUSSEL

Rue Borrens, 35-43 - Borrensstraat — TEL. 640 10 40

pôt légal : D/1977/0168

Wettelijk Depot : D/1977/0168



ɪvé magnétique dans massif cambrien de Stavelot

ucture géologique de la bordure méridionale massif devillien de Falize-Ligneuville

n RAYNAUD *

RESUME

e bord sud du massif devillien de Falize-Ligneuville jalonné par une crête d'anomalies positives de la nposante verticale du champ magnétique terrestre.

Cette crête d'anomalies relie entre eux tous les af- rements de phyllades devilliens magnétitifères et ıve donc son origine dans la présence de ces hes. Elle s'allonge avec des directions remarqua- nent parallèles à celles des formations devilliennes t le sens de l'inclinaison, là où il est connu avec titude, concorde avec celui déduit de l'allure des rbes isanomales à proximité. On peut donc con- e à une distribution de la magnétite suivant les tes du Devillien et raisonner sur un horizon *à ɡnétite.*

Cet horizon peut se suivre magnétiquement près du tact, tantôt dans le Devillien, tantôt dans le Revi- ı. Tout se passe comme si la limite Revinien- villien ne suivait pas un même niveau du Devillien ; avance ou recule par rapport à l'échelle stra- aphique de ce dernier.

Cette disposition, ainsi que l'existence d'un pli dans Devillien qu'on ne retrouve pas dans le Revinien, d impossible un emboîtement, en contact normal, ces deux formations. C'est le cas, même entre illes et Beaumont, où les résultats magnétiques dent en faveur d'un charriage du Revinien sur le villien.

SAMENVATTING

Langs de zuid-rand van het Devilliummassief van Falize-Ligneuville loopt een kam van abnormale hoge waarden van de vertikale component van het magnetisch aardveld.

Alle gekende ontsluitingen van de magnetietschiefers van het Devillium worden onder elkaar verbonden door deze kam ; het zijn dus wel deze gesteenten die verantwoordelijk zijn voor de storingen in het aardveld. Er bestaat een opmerkelijke evenwijdigheid tussen de strekkingen in het Devillium en de richtingen van de kam van magnetische hoge waarden. Daar waar de helling van de Devilliumlagen met zekerheid kan worden vastgesteld, stemt zij overeen met de zin van deze, welke kan worden afgeleid uit een analyse van de ligging der isanomalen. Hieruit volgt dat de magnetietkristallen zich verdelen volgens de gelaagdheid van het Devillium ; men kan dus redeneren in functie van een magnetiet-horizont.

Opmetingen van het magnetisch veld laten toe deze horizont te volgen langs de limiet Revinium-Devillium, nu eens in de eerste, vervolgens weer in de andere formatie ; alles doet zich voor alsof deze limiet niet samenvalt met éénzelfde Devillium-niveau ; zij volgt afwisselend jongere en oudere onderverdelingen van de stratigrafische schaal van het Devillium.

Deze gesteldheid, evenals het bestaan van een plooi in het Devillium die men niet terugvindt in het Revinium, maken een concordante aansluiting van de twee formaties onmogelijk, zelfs in het gebied tussen Challes en Beaumont, waar de magnetische resultaten wijzen op het bestaan van een overschuiving van Revinium op Devillium.

génieur civil des Mines et Géologue, Koningin Elisabethlei, 14 ıs 7 — B-2000 Antwerpen.

Eu égard aux levés géologiques les plus récents, qui ont conclu à la présence de failles de charriage le long des bordures septentrionale et orientale du massif, le Devillien apparaîtrait donc en îlot dans le Revinien, délimité sur toute sa périphérie visible par des accidents tectoniques similaires. La conception de « Fenêtre de Falize-Ligneuville » correspondrait bien à la réalité.

Rekening houdend met de meest recente karteringen, die besloten tot het bestaan van overschuivingen volgens de noordelijke en oostelijke randen van het massief, zou het Devillium dus dagzomen, omringd door overschuivingen langs gans zijn waarneembare omtrek en de gedachte aan « Fenêtre de Falize-Ligneuville » zou wel degelijk overeenstemmen met de waarheid.

ZUSAMMENFASSUNG

Am Südrand des Massif devillien von Falize-Ligneuville erstreckt sich ein Kamm positiver Anomalien der Vertikalkomponente des Erdmagnetfeldes.

Dieser Kamm von Anomalien verbindet sämtliche Aufschlüsse von magnetithaltigen Deville-Phylliten und ist demnach aus dem Vorhandensein dieses Gesteins entstanden. Er erstreckt sich in bemerkenswerten parallelen Richtungen zu denjenigen der Streichen der Deville-Formationen, deren Neigungssinn — dort wo er hundertprozentig feststeht — mit demjenigen übereinstimmt, der aus dem Verlauf der nahegelegenen isanomalen Kurven abgeleitet wurde. Aus diesem Grunde kann man auf eine Verteilung des Magnetits schließen nach den Lagen des Deville und einen Magnetithorizont zugrundelegen.

Messungen des Magnetfeldes erlauben es diesem Horizont in Kontaktnähe zu folgen, mal im Deville, mal im Revin. Alles geschieht, als ob die Deville-Revin Grenze demselben Niveau des Deville nicht folgte. Sie bewegt sich vorwärts oder rückwärts in Bezug auf die stratigraphische Skala dieser Formation.

Diese Anordnung sowie das Vorhandensein einer Falte im Deville, die im Revin nicht wiederzufinden ist, macht die Einfügung dieser beiden Formationen im normalen Kontakt unmöglich. Dies trifft auch zwischen Challes und Beaumont zu, wo die magnetischen Ergebnisse für eine Schollenüberschiebung des Revin auf das Deville sprechen.

Angesichts der neulichen geologischen Erkentnisse, die auf das Vorhandensein von Schollenüberschiebungsstörungen entlang der nordlichen bzw. östlichen Ränder des Massivs schließen lassen, würde also das Deville als eine Insel im Revin auftauchen, die über ihren ganzen sichtbaren Umfang durch ähnliche tektonische Störungen abgegrenzt ist. Der Begriff des « Fenêtre de Falize-Ligneuville » würde also der Wirklichkeit entsprechen.

SUMMARY

The southern edge of the Devillian massif of Falize-Ligneuville is marked by a chain of positive anomalies in the vertical component of the Earth's magnetic field.

This chain of anomalies joins the entire series of outcrops of the magnetite-containing Devillian phyllites ; the anomaly phenomenon thus owes its origin to the presence of these rocks. It continues along directions which are remarkably parallel to those of the strikes of the Devillian formations, the way of dip of which (where it is known with any degree of certainty) coincides with that deduced from the form of the iso-anomaly proximity curves. This leads to the conclusion that the magnetite distribution follows the Devillian strata and to the consequent hypothesis of a magnetite horizon.

This horizon can be magnetically traced near the contact, in either the Devillian or the Revinian. It is as though the boundary between the Revinian and the Devillian was not always following one and the same level of the Devillian ; this boundary rather advances or retreats in relation to the statigraphic scale of the latter.

This situation, together with a fold in the Devillian which is not present in the Revinian, excludes the possibility of conformity, associated with a normal contact between these two formations. This is so even between Challes and Beaumont, where the magnetometry data indicate thrusting of the Revinian over the Devillian.

In the light of the latest geological surveys, which indicated thrust faults along the northern and eastern edges of the massif, the Devillian would seem to constitute an island in the Revinian, defined over its entire visible periphery by similar tectonic features. The idea of the « Fenêtre de Falize-Ligneuville » would thus approximate closely to the actual situation.

---

1. *INTRODUCTION*

Des différents massifs de roches devilliennes, qui ›nnent pointer dans le Revinien du massif de Stalot, celui de Falize-Ligneuville est un des plus imrtants.

Il s'allonge sur environ 8 km dans le sens .N.W.-E.S.E., donc à peu près orthogonalement à direction hercynienne, sa largeur variant de 2,5 à 3 ı.

Les phyllades et quartzites, de teinte généralement iire, qui le constituent, sont environnés de toutes rts par les phyllades et quartzites reviniens, de nte généralement foncée, sauf vers le nord-ouest l'extension du massif est coupée par la bande rmo-triassique du Poudingue de Malmédy, à di:tion hercynienne (fig. 2).

Dès 1848, on trouve le massif de Falize-Ligneuville é par André Dumont qui y décrit une coupe nordd suivant la vallée de la Warche, dans laquelle, près confluent Warche-Amblève, il voit le Devillien, :linant au sud, surmonté par le Revinien, égaleent à pendage sud et avec direction à peu près t-ouest. Il semble bien que ce soit principalement tte coupe à laquelle A. Dumont fait allusion, rsqu'il écrit, page 71 de son mémoire, après scription du massif de Rocroi, où il avait pressenti jà l'antériorité du Devillien par rapport au Revinien, r l'allure en voûte des bandes devilliennes de Riogne et de Fumay : « *Enfin, je démontrerai riureusement, par la suite, que le système de roches alogues à celles du système devillien, qui se trouve ns le massif ardennais de Stavelot, est plus ancien e les systèmes revinien et salmien qui l'entount* ».

Dans une deuxième coupe nord-sud, située un peu 'est de la première, A. Dumont rencontra « ... *La ıpart des roches de la coupe précédente en fragents altérés* ».

Ces observations peuvent se résumer comme suit :

- à la bordure sud du massif de Falize-Ligneuville, aussi bien le Devillien que le Revinien se présentent avec une inclinaison vers le sud et une direction à peu près E.-W., donc dans les grandes lignes parallèle à l'allongement du massif ;
- le Revinien repose, en allure concordante, sur le Devillien et est donc plus jeune.

A titre historique, il y a lieu de citer trois cartes ınuscrites géologiques de H. Grebe, ayant trait au ıssif de Falize-Ligneuville et dont un commentaire a é publié par leur auteur en 1899(*).

Gustave Dewalque, élève d'André Dumont et son successeur à la chaire de géologie de l'Université de Liège, ne partageait pas l'opinion de son maître quant à un contact normal revinien-devillien le long du bord sud du massif de Falize-Ligneuville. Sur la planchette n° 160, « Stavelot-Francheville », de l'ancienne carte géologique de la Belgique, qui date de 1901 et qui avait été levée et tracée par G. Dewalque, on trouve ce bord sud délimité par une série de failles, séparant le Devillien au nord du Revinien au sud et ce depuis le Poudingue de Malmédy jusqu'au ruisseau de Recht, c'est-à-dire sur toute son étendue située à ce moment en territoire belge.

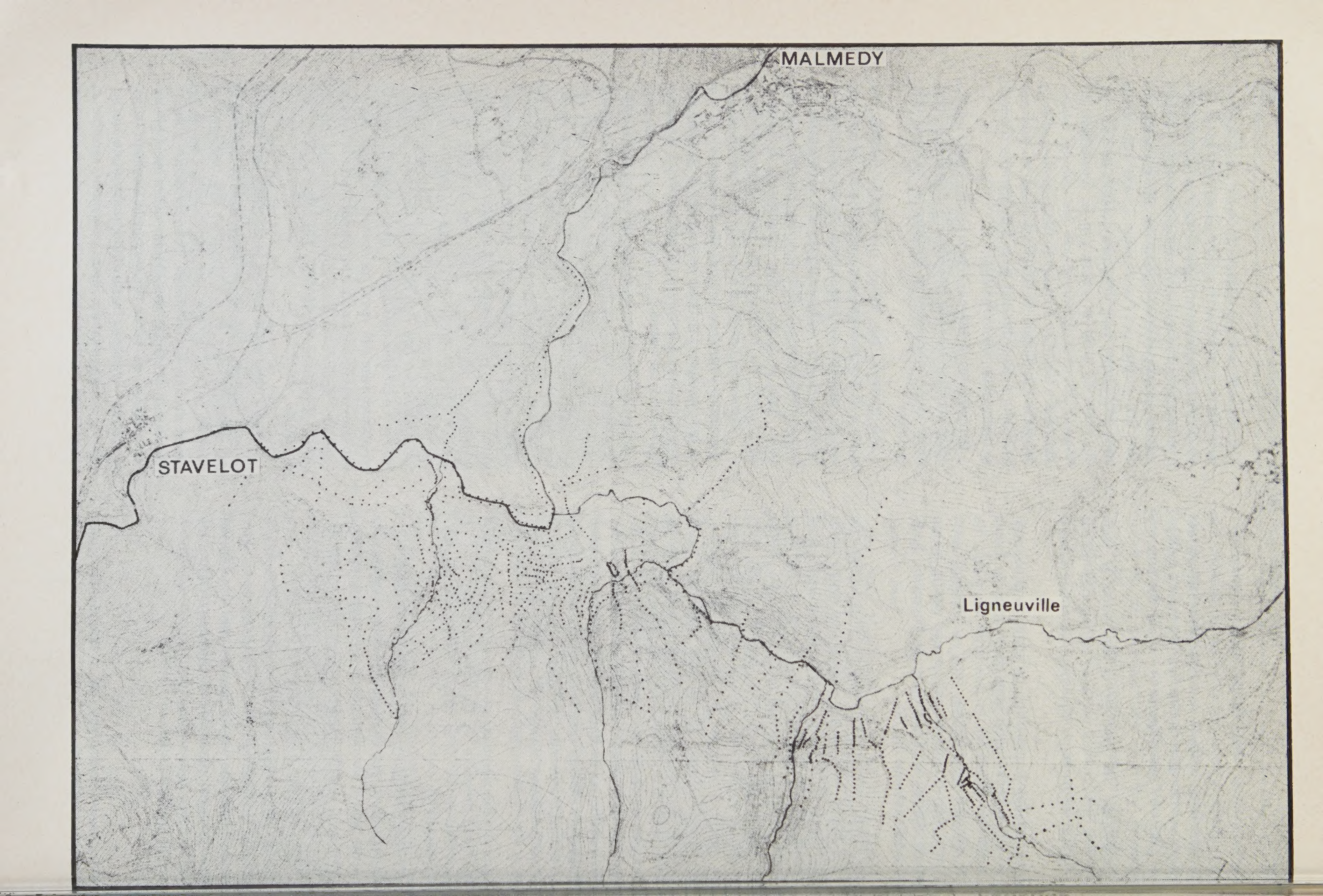
On retrouve les mêmes tracés sur les cartes géologique et tectonique que Dewalque publia au début du siècle et qui intéressent la Belgique et les provinces voisines.

Fait curieux, cet auteur n'a jamais justifié, en aucune de ses nombreuses publications, sa conception du caractère faillé de la limite Revinien-Devillien. Natif de Stavelot, il devait cependant avoir étudié de longue date la région : déjà en 1874, on relève de sa main, dans le tome 1 des Annales de la Société Géologique de Belgique (en note infrapaginale) : « ... *Quant à la bande de Falize, je n'ai pas encore eu l'occasion de la revoir : j'aurai lieu d'y revenir* ». Il n'y est jamais revenu et nous ne saurons probablement jamais pourquoi Dewalque a adopté les tracés qui figurent sur ses cartes.

A peu près un quart de siècle plus tard, vers 1926, le professeur Paul Fourmarier, frappé par le caractère insolite du contact Revinien-Devillien sur la planchette « Stavelot-Francheville », chargea un de ses élevés, E. Renard, d'une étude détaillée de l'ensemble du massif, qui était maintenant situé tout entier en territoire belge, et de ses limites. Ce géologue en arriva, entre autres, à la conclusion que « ... *le passage du Devillien supérieur au Revinien ne se signale ni par un changement brusque de faciès, ni par une discordance de stratification. C'est, à notre sens, insensiblement que l'on passe du Devillien au Revinien* ». Le croquis géologique, dessiné par E. Renard en accord avec ces vues, représente le massif devillien comme entrant partout en contact normal avec le Revinien, également à sa limite méridionale, où ne sont plus retenues les failles « bordières » de G. Dewalque.

L'étude mentionne encore le caractère malaisé du levé géologique, dû à l'absence de fossiles, à la rareté des affleurements et à l'altération des roches, qui rendent parfois difficile leur attribution à l'une ou l'autre division du Cambrien. Cette remarque n'étonnera aucun géologue cartographe, ayant œuvré dans ces terrains ; en fait, c'est surtout le Devillien, sous son faciès phylladeux ou phyllado-quartzitique, qui se dérobe à l'observation, étant tellement sensible à l'érosion qu'il n'affleure que rarement et que presque

(*) Renseignement communiqué par le Directeur du Service Géologique de Belgique.


MALMEDY
STAVELOT
Ligneuville

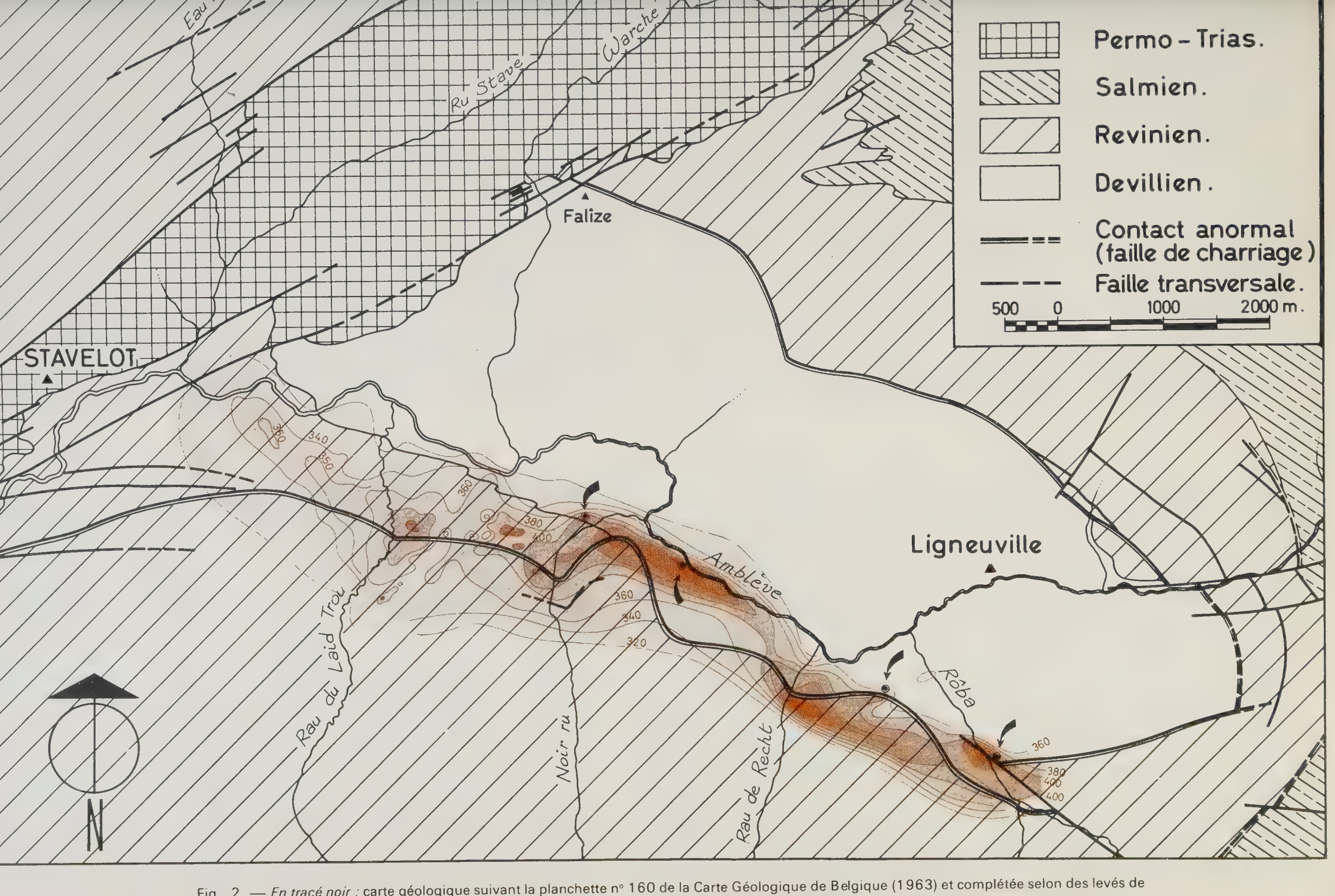


Fig. 2. — *En tracé noir :* carte géologique suivant la planchette n° 160 de la Carte Géologique de Belgique (1963) et complétée selon des levés de F. Geukens (1961). (Les points, repérés par des fléchettes incurvées, indiquent les affleurements de phyllades magnétitifères).
En tracé marron : carte des isogammes de la composante verticale du champ magnétique.

tous les terrains devilliens se présentent en dépression par rapport aux terrains reviniens, situés à proximité.

En 1933, Ch. Ancion, autre élève de P. Fourmarier, à l'occasion de levés en vue de l'établissement de la première échelle stratigraphique détaillée du Revinien, étudia le bord sud-occidental du massif de Falize-Ligneuville, entre le Poudingue de Malmédy et le confluent Warche-Amblève. Il y confirma les conclusions de E. Renard quant à la superposition normale, sans faille, du Revinien sur le Devillien.

C'est en 1940 que R. Anthoine, aussi de l'école de P. Fourmarier, fit paraître un important mémoire, « *La Fenêtre de Falize-Ligneuville* », dont rien que le titre annonce déjà une conception révolutionnaire du contact Revinien-Devillien, tout le long du périmètre du massif devillien. L'auteur y défendit en effet la thèse que, non seulement dans le massif de Falize-Ligneuville, mais encore dans les autres massifs devilliens du massif de Stavelot (Grand-Halleux, Wanne), le Revinien entre *partout* en contact anormal, par failles, avec le Devillien, ces accidents tectoniques étant interprétés comme des failles de charriage le long desquelles le Revinien aurait été refoulé sur le Devillien. Cette thèse ne constituait en fait qu'une généralisation de celle que R. Anthoine avait soutenue déjà précédemment, à l'occasion d'une étude très détaillée du massif de Rocroi, où il avait trouvé partout le Revinien, séparé par faille du Devillien.

Sans entrer dans le détail des tracés géologiques que R. Anthoine adopta pour le massif de Falize-Ligneuville, il y a cependant lieu de signaler que ce fut le premier géologue qui se risqua à faire de la stratigraphie de détail dans le Devillien de ce massif, en se basant uniquement sur les caractères lithologiques et la géométrie des formations, en l'absence de fossiles autres que les empreintes d'*Oldhamia radiata*, de valeur stratigraphique très minime. Toute la partie sud du massif fut interprétée comme formée d'un ensemble concordant, s'étendant, en allure générale, suivant l'allongement de celui-ci et se présentant en dressant renversé avec, comme niveau le plus ancien visible, des phyllades verdâtres renfermant de petits cristaux de magnétite et venant à la surface près de la limite méridionale du massif (« *niveau de Pont* » sensu R. Anthoine).

Le mémoire de R. Anthoine reproduit une coupe de détail du contact Revinien-Devillien dans le ravin du ruisseau du Laid Trou (*), à l'est du hameau de Lôdômé (fig. 2). Conformément aux vues de l'auteur et en accord avec les idées de G. Dewalque, ce contact y est figuré comme faillé, malgré toutes les apparences : le Revinien et le Devillien s'y présentent en effet avec même allure, tous deux dirigés à peu près est-ouest et inclinant au sud d'environ 60 degrés.

Concernant cette coupe dont il sera encore question plus loin, on ne risque pas de se tromper en affirmant que tout géologue, sans idées préconçues et qui ne retiendrait que les éléments de cette coupe conclurait à cet endroit à un contact normal concordant du Revinien sur le Devillien, comme le firent d'ailleurs E. Renard et Ch. Ancion, après A. Dumont et comme le fit encore F. Geukens quand il écrivit en 1952 : « *Nous n'avons pas trouvé trace d'une discordance entre le Revinien et le Devillien* ».

Quelques années plus tard, ce géologue reprit en détail l'étude de tout le massif de Falize-Ligneuville, à l'occasion de la publication de la planchette n° 160 (« Stavelot-Malmédy ») de la nouvelle carte géologique de la Belgique, au 1/25.000e, dont il assuma le levé et le tracé. On retrouve les tracés de cette planchette sur une carte géologique, plus étendue vers le sud-est, qui figure dans le mémoire que F. Geukens consacra en 1961 à la structure géologique du massif. La figure 2 reproduit cette carte géologique ; pour la clarté, on y a supprimé les limites entre les sous-étages du Revinien, de même que les failles et un niveau repère qui n'intéressent que le Devillien.

On ne peut manquer d'être frappé par les similitudes qu'on relève entre les tracés géologiques de F. Geukens et ceux de R. Anthoine :

- *Similitudes en ce qui concerne l'allure du Devillien* : les deux auteurs conçoivent ses assises comme de direction générale N.W.-S.E. et non plus N.E.-S.W. comme sur la carte de E. Renard ; F. Geukens esquisse cette direction par le figuré d'un niveau devillien non autrement spécifié ; il juge qu'il est impossible de faire de la stratigraphie de détail dans le Devillien, par suite de la rareté des affleurements et de l'absence de profils de comparaison.
- *Similitudes en ce qui concerne le contact Revinien-Devillien* : comme sur la carte de R. Anthoine, ce contact est dessiné par F. Geukens comme faillé sur *presque* toute la périphérie du massif et cette disposition est également interprétée comme due à des phénomènes de charriage.

En se limitant au bord sud du massif, le seul dont il sera encore question plus loin, on remarque que c'est précisément ici qu'il existe le plus de désaccord entre les deux auteurs sur la nature du contact (fig. 2). Suivant la conception de R. Anthoine, la faille de charriage suivrait le contact sur *toute* son étendue, depuis le ruisseau de Rôba jusqu'au Poudingue de

(*) Le ruisseau du Laid Trou figure sur les anciennes cartes topographiques sous le nom de « ruisseau du Sart Lalou » ; c'est sous cette dernière dénomination (ou encore sous le nom de ruisseau du Sart ou ruisseau de Sart) qu'il a été cité dans les publications antérieures à 1955.

almédy. Suivant la conception de F. Geukens, par ntre, cet accident tectonique obliquerait vers uest, puis vers le sud-ouest, à partir du Noir Ru, et continuerait dans le Revinien, pour aller se raccor- r à la zone faillée de Trois-Ponts ; entre Beaumont ès du Noir Ru) et Challes (près du Poudingue de almédy), le Revinien reposerait en concordance de atification sur le Devillien.

L'évolution des idées en était arrivée là, quand, il y une dizaine d'années, j'eus l'occasion de parler de tte question avec I.de Magnée dont j'eus le privi- ge, il y a quarante ans, de suivre l'enseignement et devenir, par après, l'assistant et l'ami. Nous étions en d'accord sur le fait que la diversité des inter- étations devait provenir, en ordre principal, de la asi-impossibilité de débrouiller la tectonique du evillien par les méthodes classiques du levé géolo- que, les possibilités d'observation de ce terrain ant radicalement limitées par la rareté des affleure- ents. Nous en revenions en fait aux conclusions xquelles nous étions déjà arrivés en 1944, à l'oc- sion d'un levé magnétique près de Court-St- ienne, dans le massif cambrien du Brabant, qui ait permis de mieux comprendre la structure ologique d'une région, également très controver- e.

Je fis part à I. de Magnée de mon intention d'exé- ıter un levé magnétique le long du bord sud du assif de Falize-Ligneuville, qui, vu la présence de yllades à magnétite dans le Devillien, était suscep- ble de pouvoir apporter des renseignements com- émentaires sur la tectonique de cette formation.

J'ai trouvé auprès de mon ancien professeur toute ide nécessaire à l'exécution du levé en question et l'en remercie. Je suis également redevable de re- erciements à A. De Vuyst, directeur de l'Institut de ysique du Globe de Dourbes, pour la mise à ma sposition de magnétomètres de types divers et des registrements de la variation diurne du champ agnétique terrestre.

Au fur et à mesure de l'avancement des travaux, je e rendis compte que, pour en arriver à un résultat ensemble, le levé magnétique devrait être étendu la totalité du massif de Falize-Ligneuville, sans par- de ceux de Wanne et de Grand-Halleux, pour tant que non encore levés.

La carte magnétique qui est présentée ici ne cons- ue donc qu'une partie d'un levé en cours d'exécu- on. Dans son étendue, elle permet cependant déjà arriver à certaines conclusions en rapport avec la ctonique.

2. *RESULTATS DU LEVE MAGNETIQUE ET INTERPRETATION GEOLOGIQUE*

Pour tout ce qui concerne la technique du levé magnétique, l'implantation des stations de mesure et bases théoriques de l'interprétation géologique des résultats magnétiques, on voudra bien se reporter à la publication de 1944 de I. de Magnée et de moi-même et à la bibliographie qui y est citée. On trouvera également des renseignements dans une publication plus récente de J.M. Graulich et J.L. Koenigsfeld (1962), concernant un levé magnétique intéressant le massif devillien de Grand-Halleux.

Ci-après, on trouvera quelques données générales sur le levé exécuté :

Superficie levée : environ 12 kilomètres carrés.
Grandeur physique dont la variation fut mesurée : composante verticale du champ magnétique terrestre (Z), exprimé en γ (1 gamma = 10^{-5} gauss).
Z total dans la région étudiée : environ 43.300 γ, en 1966.
Ordre de grandeur des principales anomalies observées : environ + 250 γ, soit environ 1/200e du Z total.
Δ Z maximum observé dans l'étendue de la carte : environ 550 γ.
Instruments de mesure : principalement, balance magnétique Schmidt-Askania, type Gf7, de l'Université de Bruxelles ; accessoirement, magnétomètre à torsion, type GfZ, Askania, et magnétomètre Fluxgate MFD-2 Scintrex de l'Institut de Physique du Globe de Dourbes.
Instant de réduction des mesures : 17.9.1966 - 13 h 25' G.M.T.
Nombre de stations de mesure : environ 1.600.
Temps moyen pour l'exécution d'une mesure : environ 20 min (y compris les déplacements d'une station à la suivante).

Il n'a pas été exécuté de correction de longitude et de latitude.

Les résultats corrigés des mesures magnétiques sont reportés sur une carte topographique qui indique les stations de mesure, chacune accompagnée de la valeur de Z au point donné, en un même instant. A partir des valeurs de Z, on obtient les courbes *isogammes*.

La figure 1 reproduit cette carte topographique, avec la localisation des stations.

Les tracés en teinte marron de la figure 2 montrent l'allure des isogammes obtenues. Les chiffres figurant à côté des isogammes (320, 340, 360, etc...) correspondent à la valeur de Z, supérieure à 43.000 γ : ainsi, l'isogamme 320 correspond à 43.320 γ. En dessous de la valeur de 43.400 γ, les isogammes ont été tracées de 20 en 20 γ et sont reproduites avec leur valeur d'intensité. Au-dessus de cette valeur, pour ne pas nuire à la clarté du dessin, on s'est contenté de tracer les isogammes 43.425, 43.450 et 43.500 γ, sans indication de la valeur de Z. Les anomalies magnétiques apparaissent, je l'espère, clairement par

les ombrages dégradés, les zones en marron intense correspondant aux régions où l'on observe « 43.500 γ et plus ».

L'examen de la figure 2 fait immédiatement apparaître que les isogammes sont, dans les grandes lignes, parallèles au contact Devillien-Revinien. Leur ensemble dessine une « crête » d'anomalies magnétiques positives, jalonnant ce contact.

21. *Région à l'est du Noir Ru*

On relève un premier maximum de plus de 43.500 γ le long du ruisseau de Rôba, dans l'extrémité sud-orientale du levé. L'endroit est cité par R. Anthoine dans son mémoire de 1940 ; l'auteur y signale des phyllades magnétitifères en contrebas de la route de Ligneuville à St-Vith, entre les 6e et 7e bornes kilométriques (*).

Entre les vallées des ruisseaux de Rôba et de Recht, la crête magnétique a pu être suivie distinctement, avec une direction générale N.-70°-W., dans une région couverte de prairies et totalement dépourvue d'affleurements.

On arrive ainsi à un deuxième maximum de plus de 43.500 γ, sur le versant oriental de la vallée du ruisseau de Recht. Le Revinien y affleure largement, avec direction générale E.-W. et inclinaison au sud. Aucun échantillon de ce Revinien, approché des magnétomètres, ne les a influencés ; le maximum magnétique doit donc provenir d'une formation existant en profondeur.

A environ 500 mètres à l'est de ce maximum, on note une petite crête accessoire qui se détache de la crête principale en « digitation », avec une direction N.-80°-E. ; elle peut se suivre jusque dans le village de Pont, où elle se termine à un affleurement de roches à magnétite, dirigées à peu près E.-W., donc sensiblement de même direction que celle de la petite crête accessoire. Dans son prolongement, près du thalweg du ruisseau de Rôba, a été localisée une deuxième petite crête d'anomalies, qui n'a pas encore été suivie plus vers l'est. L'image magnétique de cette région, encore fort incomplète, suggère cependant l'existence, près du village de Pont, d'un ensemble de roches devilliennes dont l'allure en direction est foncièrement différente de celles situées à proximité, vers le sud (*).

(*) En fait, ces phyllades à magnétite ont été trouvés dans les débris provenant du creusement des bassins de la pisciculture Gabriëls, établie en cet endroit.

Immédiatement à l'ouest du ruisseau de Recht, la crête principale s'infléchit vers le nord, puis reprend sa direction générale qui, à cet endroit, est sensiblement parallèle au cours de l'Amblève. Ce décrochement concorde, y compris le sens du rejet, au passage de la faille de Pont (sensu R. Anthoine) et au passage de deux failles, figurées sur la carte géologique de R. Geukens, dans son mémoire de 1961.

Encore plus à l'ouest, la crête magnétique s'étend avec sa plus grande intensité. Une nouvelle fois, la large zone des anomalies magnétiques coïncide avec un affleurement de phyllades à magnétite, sur le versant sud de la vallée de l'Amblève (**). R. Anthoine y avait déjà mesuré d = N.-60°-W. ; i = 50°-S. Depuis lors, une carrière s'est fortement développée sur le versant nord de la vallée, face à l'affleurement ci-dessus. Fait exceptionnel, on peut y voir le Devillien quartzitique, avec minces intercalations de phyllades, sur un front continu de plus de 200 mètres de développement, avec mêmes direction et inclinaison que celles mesurées sur le versant d'en face.

Cette direction coïncide, à quelques degrés près, avec celle de la crête magnétique en cet endroit.

Quant à l'inclinaison sud des formations, on la retrouve dans les intervalles entre les isogammes qui sont nettement plus rapprochées au nord du maximum qu'elles ne le sont au sud. En d'autres mots, le gradient magnétique est plus grand sur le versant nord de la crête qu'il ne l'est sur son versant sud. L'examen des courbes théoriques montre que cette disposition s'accorde le mieux, pour une direction de crête d'anomalies positives de N.-60°-W., non flanquée d'une nette bande d'anomalies négatives, avec la présence d'un corps aplati ou d'une couche, inclinant moyennement vers le S.W. et d'une susceptibilité magnétique plus grande que celle des roches encaissantes.

Ceci vaut aussi pour les isogammes qui encadrent le maximum magnétique le long du ruisseau de Rôba, dont question plus haut : ici également, on peut conclure à une inclinaison vers le S.W. de la formation magnétique.

(*) La connaissance encore rudimentaire de l'image magnétique de cette région ne permet pas de pousser très loin les interprétations. Il y a toutefois déjà lieu de signaler le parallélisme qui apparaît entre la direction de la petite crête accessoire et celle du cours général de l'Amblève, entre le pont de Ligneuville et le confluent de cette rivière avec le ruisseau de Recht ; ce bief est orienté presque à angle droit par rapport au bief aval.

(**) Une analyse minéralogique de ces phyllades, effectuée par G. Panou, a révélé une teneur pondérale d'environ 0,3 % de magnétite.

Par contre, on observe une inclinaison nettement verse au maximum, situé près du ruisseau de Recht, plein dans le Revinien, comme il a déjà été gnalé ; le gradient magnétique est ici carrément us élevé au sud du maximum qu'il ne l'est au nord, qui conduit à la conception d'une inclinaison *vers nord,* de moins de 70°, de la formation qui est sponsable des anomalies. Il est malaisé d'expliquer sens nord de l'inclinaison qui ne se présente qu'en t endroit, d'autant plus malaisé que le Devillien y t caché sous le Revinien. Faut-il voir une relation ntre cette inclinaison insolite et l'existence à proxi-ité, près du village de Pont, d'un compartiment evillien qui semble nettement « tourné » par rap-ort au Devillien qui le borde au sud, comme l'indi-ue la direction de la petite crête accessoire, men-onnée précédemment ? Faut-il y voir l'influence de faille de Pont, située à peu de distance à l'ouest ? Le vé magnétique de la région de Ligneuville, rives oite et gauche de l'Amblève, qui reste à faire, ourra peut-être fournir des données supplémen-ires pour expliquer ce pendage nord local mais, ans l'état actuel des recherches, j'estime qu'une serve prudente s'impose.

Revenons-en à la région plus à l'ouest, près du ours inférieur du ruisseau du Noir Ru, qui s'infléchit ers l'est en une large boucle avant de se jeter dans Amblève. Cette boucle est remarquablement suivie ar la crête magnétique, qui abandonne ici son allure énérale N.-60°-W. pour s'incurver et se présenter vec une direction N.-60°-E.

La crête entre ici dans le Revinien et n'en sortira us : toutes les anomalies magnétiques à l'ouest du oir Ru s'observent dans des régions où c'est indu-tablement cette formation qui affleure. Le Devillien magnétite, en profondeur, influence encore le agnétomètre, mais l'épaisseur du Revinien surja-ent vient abaisser les maxima magnétiques qui ja-nnent le parcours de la crête : la figure 2 ne montre us de zones en marron intense (43.500 γ et plus), omme c'était le cas plus à l'est. En même temps randissent les intervalles entre isogammes. L'image agnétique apparaît comme « estompée » par rap-ort à celle visible plus à l'est.

Le point le plus occidental où l'on observe 43.500 γ et plus » se situe à 600 mètres à l'ouest u confluent Noir Ru-Amblève. Une fois de plus, le aximum correspond à un affleurement de phyllades evilliens à magnétite, à environ 150 mètres au nord u contact Devillien-Revinien. Cette zone de maxi-um, d'une extension très réduite, se présente omme nettement décalée vers le nord par rapport à alignement des maxima « principaux », plus au ıd, qui sont entourés à peu près symétriquement par s isogammes 43.400 γ mais qui, à travers la couverture revinienne, n'atteignent plus que 43.425 γ, alors qu'ils plafonnaient à « 43.500 γ et plus » dans les régions plus à l'est.

Il y a environ 5 ans, l'installation d'une ligne téléphonique souterraine, en travers de la vallée du Noir Ru, a fourni une tranchée qui, par un heureux hasard, a recoupé les phyllades magnétitifères qui sont responsables de ce maximum magnétique, d'étendue restreinte, un peu au nord du contact. Dans le fond de la tranchée, ces phyllades ont été vus en place ; tous les blocs excavés influençaient fortement le magnétomètre, malgré leur état d'altération qui n'a pas permis de relever leur allure avec certitude. Par contre, au nord de ces phyllades magnétitifères, la tranchée a traversé des phyllades devilliens sans magnétite mais avec intercalations de plusieurs bancs de quartzite, sur lesquels j'ai mesuré N.-65°-W./dressant, en bon accord avec la direction des isogammes en cet endroit. Enfin, au sud des phyllades magnétitifères, à environ 75 mètres au nord d'une passerelle sur le Noir Ru, la tranchée a recoupé un deuxième niveau de phyllades devilliens, également sans magnétite ; y était intercalé un gros banc de quartzite, d'environ un mètre d'épaisseur, qui a fourni : N.-45°-E./70°-S. Cette dernière direction coïncide, à peu de choses près, avec la direction de la crête magnétique en cet endroit.

Les deux directions ci-dessus, c'est-à-dire N.-65°-W. vers le nord et N.-45°-E. vers le sud, ne laissent pas de doute quant à l'existence d'un pli dans le Devillien ; celui-ci se retrouve exactement dans la courbe que dessine la crête magnétique.

L'existence de ce pli étant démontrée, on remarquera que le décalage vers le nord du petit maximum magnétique, par rapport aux maxima « principaux » de la crête, vient se situer près de la charnière de ce pli. Cette disposition incite à expliquer ce décalage comme dû à un déboîtement, vers le nord, d'une écaille de roches devilliennes magnétitifères.

De ce qui précède, on peut déjà conclure :

1°) Que les quatre affleurements de phyllades devilliens à magnétite, qui ont été décrits sur le bord sud du massif de Falize-Ligneuville, sont reliés entre eux par des crêtes magnétiques : trois de ces affleurements se placent sur la crête magnétique principale ; le quatrième (celui du village de Pont) se situe sur une crête accessoire se détachant en digitation de la crête principale. Ce sont donc bien les phyllades à magnétite qui sont responsables des anomalies magnétiques. Par extension, on peut raisonnablement aussi les rendre responsables du maximum près du ruisseau de Recht, où ces roches viennent influencer le magnétomètre à travers leur recouvrement non magnétique.

2°) Que les directions des formations devilliennes concordent remarquablement avec la direction des isanomales. En plus, à l'endroit où une carrière permet exceptionnellement de relever en détail l'allure d'un niveau de quartzites, on trouve, inclinant vers le S.W., à la fois les strates de cette formation (par observation directe) et celles de la formation des phyllades à magnétite, à proximité (par observation directe et par interprétation de la disposition des isogammes) (*). On peut donc conclure à une distribution de la magnétite suivant les strates du Devillien et raisonner sur un *horizon* à magnétite.

Cet horizon s'étend, à partir du ruisseau de Rôba, vers l'ouest, d'abord dans le Devillien ; il plonge ensuite sous le Revinien pour reparaître dans la première formation, un peu à l'ouest du ruisseau de Recht ; il y est décroché par une zone faillée figurant déjà sur des levés géologiques plus anciens. Plus loin vers l'ouest, son parcours se suit dans le Devillien, avant de dessiner un pli et d'évoluer ensuite définitivement sous le Revinien (**).

Tout se passe donc comme si la limite Revinien-Devillien ne suivait pas un même niveau du Devillien ; elle avance ou recule par rapport à l'échelle stratigraphique de ce dernier. Le Revinien apparaît donc bien comme discordant sur le Devillien, conformément aux conclusions de R. Anthoine et de F. Geukens, et en accord avec les idées de G. Dewalque.

On comprendra que, devant ces résultats, je fus particulièrement anxieux de découvrir un ou plusieurs autres niveaux magnétiques dans le Devillien, comme J.M. Graulich et J.L. Koenigsfeld en ont fait intervenir dans leur interprétation géomagnétique du massif de Grand-Halleux, contrairement à la conception de P. Duhoux qui avait antérieurement (1938) interprété ses profils magnétiques, dans le même massif, en fonction de l'existence d'un niveau unique.

Dans le but de détecter ces éventuels autres niveaux magnétiques, qui auraient pu fournir des renseignements sur la tectonique devillienne, dans les régions au nord de la bordure méridionale du massif de Falize-Ligneuville, j'ai placé, au nord de l'Amblève, plusieurs alignements nord-sud de stations de mesure, comme indiqué sur la fig. 1. Le plus étendu de ces alignements suit le cours de la Warche, depuis son confluent avec l'Amblève jusque près de la bordure nord du massif.

Toutes ces stations ont été placées « en pure perte » : nulle part, le magnétomètre n'a montré des anomalies suffisamment conséquentes pour inciter à un levé plus étendu. S'il existe un deuxième niveau magnétique, il reste à être mis en évidence.

22. *Région à l'ouest du Noir Ru*

Commentons maintenant l'allure de la crête magnétique dans les régions à l'ouest du Noir Ru, où elle reste cantonnée entièrement dans le Revinien, comme déjà dit plus haut.

A environ 300 mètres à l'ouest de ce ruisseau, la crête reprend son allure générale N.-60°-W. et se suit distinctement jusqu'à une région, au S.S.W. du confluent Warche-Amblève, où on rencontre une zone magnétiquement très perturbée, avec plusieurs « creux » magnétiques. La densité des points de station a dû y être fortement augmentée, pour permettre un tracé correct des isogammes.

La figure 2 montre que cette zone perturbée sépare deux parties de la crête, toutes deux avec l'allure générale N.-60°-W., mais décalées l'une par rapport à l'autre, avec compartiment ouest rejeté vers le sud. Il passe probablement là une faille, de direction approximative N.-35°-E.

(*) Le relevé de « profils d'interprétation » en cet endroit permettrait peut-être de contrôler le *degré* de l'inclinaison des phyllades à magnétite, tel que mesurable sur leur affleurement de la rive gauche de l'Amblève.
J'entends par « profil d'interprétation » la courbe des variations de Z en des points de mesure rapprochés, alignés suivant une droite orthogonale aux isanomales d'une crête magnétique. Si l'on ne dispose pas (ou pas encore, ce qui est le cas ici) de tels profils, on comprendra qu'on peut cependant les obtenir approximativement en dressant une « coupe » à travers les isanomales disponibles.
En procédant de cette manière, je signalerai que la courbe ainsi obtenue, comparée avec des profils théoriques, permet de retrouver l'ordre de grandeur de i = 50°-S., mesuré par R. Anthoine sur l'affleurement des phyllades à magnétite de la rive gauche, en concordance parfaite avec l'inclinaison visible sur la rive droite.

(**) Le niveau des quartzites de la carrière (« *quartzites de Planche* » sensu R. Anthoine) court bien entendu parallèlement au niveau adjacent des phyllades, dans lequel est intercalé l'horizon à magnétite. Le parcours de l'ensemble de ces deux niveaux, quartzites plus durs et phyllades plus tendres, permet d'expliquer certains aspects de la morphologie et du réseau hydrographique (fig. 1).
Ainsi, la crête topographique incurvée, au sommet de laquelle se situe la route de Beaumont à Planche, épouse la forme du pli que le niveau des quartzites dessine à cet endroit.
L'Amblève, en aval de son confluent avec le ruisseau de Recht, et le Noir Ru, près de son embouchure, ont installé leur cours dans les phyllades tendres, au sud du niveau des quartzites. Il est probable que l'Amblève se soit forcé naguère un passage à travers la bande des quartzites, en la traversant à angle droit, avec creusement d'une cluse dont on retrouve les vestiges dans l'abrupt qui marque le versant oriental de sa vallée, immédiatement au sud du hameau de Lasninville. Du coup se trouverait expliqué le grand méandre à concavité vers le sud, que la rivière dessine en aval.

S'il est clair qu'elle agit sur le Devillien, on peut se demander si elle se continue dans le Revinien surjacent.

J'ai des raisons de croire qu'il en est ainsi. Suivant le tracé hypothétique de cette faille, il existe en effet, sur le versant oriental de la vallée du ruisseau du Laid Trou, une étroite bande de terrain à anomalies magnétiques très intenses mais ne s'étendant que dans un rectangle de 300 × 30 mètres, en une situation tout à fait isolée par rapport à la crête magnétique principale et de direction presque orthogonale à cette dernière.

La figure 2 indique l'emplacement de cette petite zone à anomalies magnétiques très particulières.

La figure 3 la montre à plus grande échelle, avec le quadrillage des points de station qui a permis de l'explorer en détail. Les isanomales ont été déterminées ici par rapport à un « niveau zéro » de 43.330 γ, qui est celui qu'on mesure dans cette région, hors de la zone d'anomalies. Apparaît ainsi une bande à anomalies positives, flanquée vers le N.W. par une zone à anomalies négatives : c'est dire que le corps allongé qui produit l'anomalie incline vers le S.E.

Le maximum maximorum se situe près de l'extrémité méridionale de cette petite crête magnétique. En travers de celle-ci et à l'endroit de ce maximum maximorum, j'ai mesuré un profil d'interprétation de 65 m de longueur. La figure 4 reproduit ce profil qui est d'une régularité étonnante, sans points singuliers,

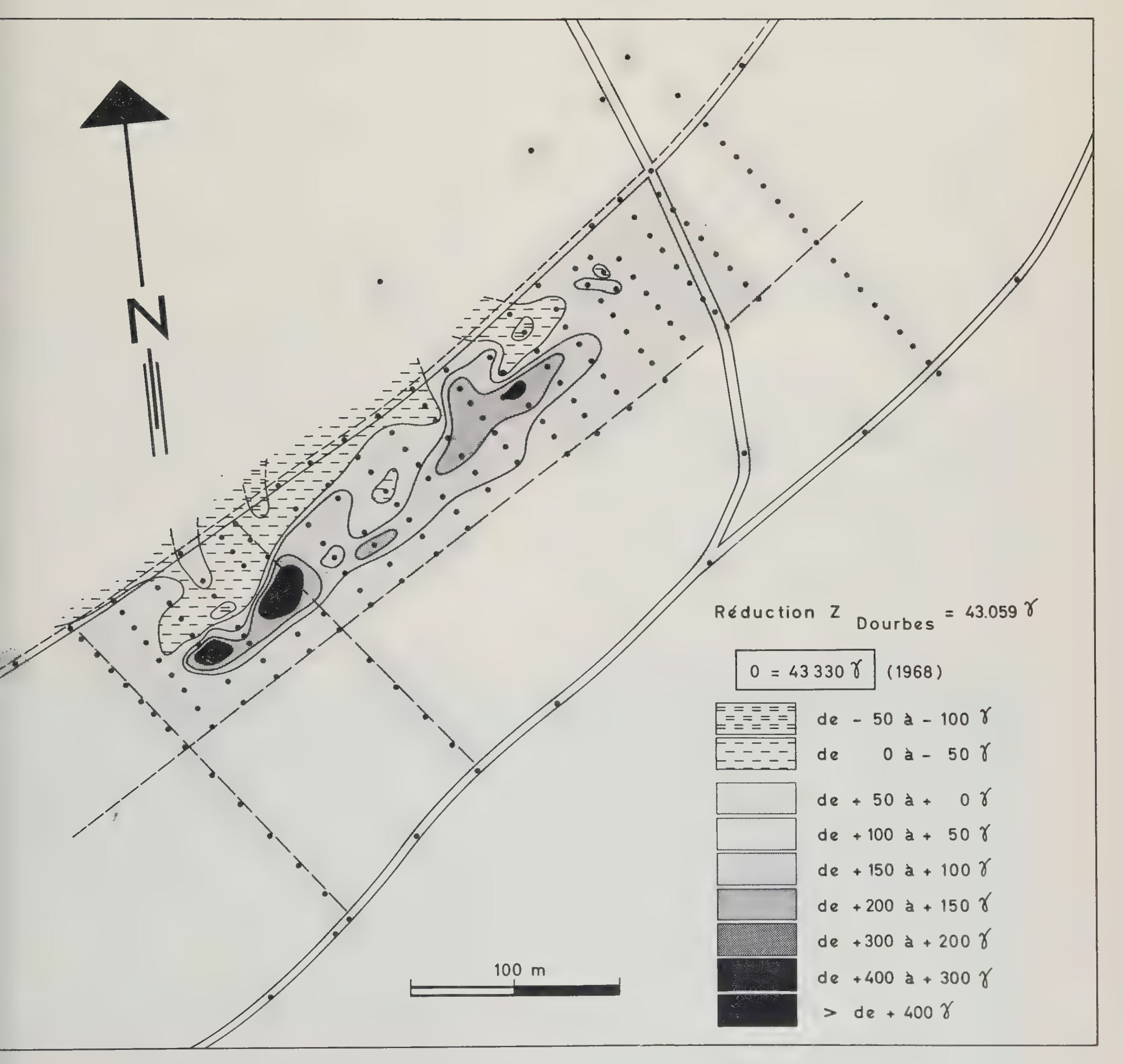


Fig. 3. — Carte détaillée des isogammes, en rapport avec l'anomalie magnétique locale, dans le Revinien du versant oriental de la vallée du ruisseau du Laid Trou.

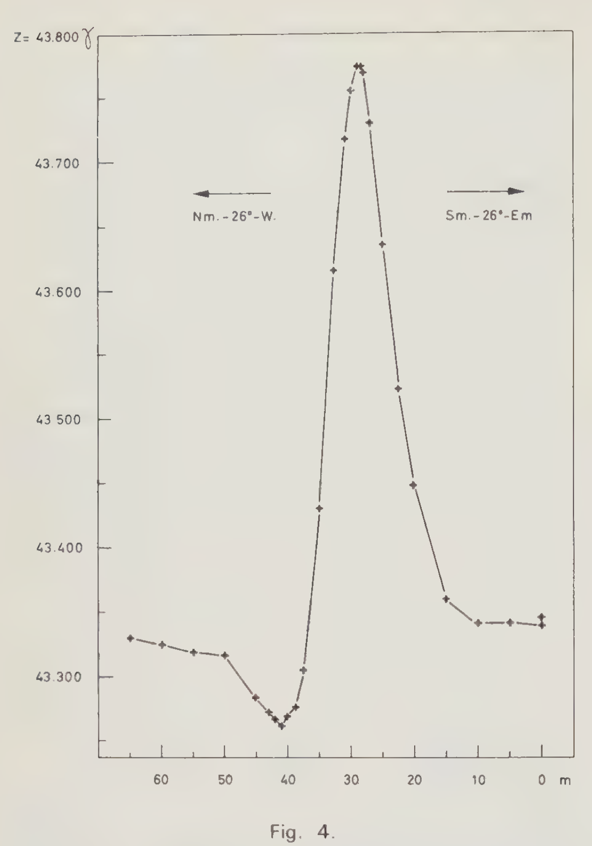


Fig. 4.
Profil d'interprétation mesuré dans la zone de la figure 3.

avec maximum et minimum extrêmement nets, ce qui est très rarement le cas dans la pratique courante. Une analyse de ce profil, par comparaison avec des courbes calculées et par le procédé graphique, pour le cas théorique d'une couche mince, conduit à une profondeur d'enfouissement de la tête de couche de seulement 4 m et à une inclinaison d'environ 60° vers le S.E.

Le Service Géologique de Belgique, qui a été tenu au courant, en son temps, des résultats ci-dessus, se propose de pratiquer une fouille pour déterminer la nature de la matière qui est responsable de cette perturbation magnétique. Les circonstances n'ayant jusqu'à présent pas permis d'effectuer ce travail, j'en suis donc réduit à des hypothèses sur la nature du corps qui produit l'anomalie, d'autant plus que des recherches systématiques ne m'ont pas permis de trouver un seul échantillon des roches de l'éluvium qui influence le magnétomètre en l'en approchant.

Ecartons d'emblée une cause artificielle (ancienne conduite enterrée, reliquats des combats de 1944-1945,...), qui est peu probable, vu les renseignements recueillis sur la région en question auprès des services publics et des propriétaires du terrain de surface.

Hors le fer météorique, on ne voit que la magnétite et la pyrrhotine, qui seraient aptes à produire de telles anomalies.

L'hypothèse la plus probable est qu'il s'agit d'une minéralisation en pyrrhotine d'une faille transversale comparable à celle décrite par M. Gulinck, E. Hoge et F. Geukens (1952) dans un sondage qui avait été placé près de Bras (massif cambrien de Serpont) dans une zone d'intense anomalie magnétique, découverte peu de temps auparavant (1951) par M. Gaibar-Puertas et E. Hoge, au cours d'un levé géomagnétique du massif.

On ne sera fixé qu'après exécution des travaux envisagés par le Service Géologique.

Voyons finalement comment la crête magnétique principale se comporte à l'ouest du décrochement, correspondant probablement à une faille transverse.

Les isanomales y conservent l'allure générale N 60°-W., mais les anomalies diminuent d'est en ouest jusqu'à ne plus être mesurables à environ 1,5 km à l'est de Stavelot. L'image magnétique de cette région a été complétée par le tracé de l'isogamme 43.350 γ pour bien montrer l'évolution de la crête magnétique. Bien entendu, le tracé, au mieux, de cette isogamme a nécessité l'emploi des magnétomètres les plus sensibles, avec raccordements particulièrement nombreux des mesures courantes avec celles à des stations de base.

Le dernier maximum de « 43.400 γ et plus » s'observe sur le versant oriental de la vallée du ruisseau du Laid Trou. L'horizon des phyllades à magnétite passe là, en profondeur, à environ 800 mètres au sud du contact Revinien-Devillien qui est visible, comme dit plus haut, dans la même vallée, avec toutes les apparences d'un contact normal concordant de la première formation sur la deuxième, toutes deux inclinant également au sud et de direction E.-W.

On remarquera que les isanomales 43.380 et 43.360 γ sont, ici aussi, plus rapprochées l'une de l'autre au nord du maximum qu'elles ne le sont au sud, toutefois d'une manière moins nette que dans les cas signalés plus haut, par la présence d'une forte épaisseur de Revinien qui vient s'intercaler entre le magnétomètre et la formation magnétique.

En comparant un profil, dressé à partir des isanomales disponibles, avec les courbes théoriques pour une couche magnétique enfouie, on arrive à une profondeur d'enfouissement de la tête de couche de l'ordre de 500 m et à une inclinaison au sud de l'ordre de 60°. La direction de la couche coïncide évidemment avec celle de la crête magnétique.

Situons ces données, bien entendu à l'échelle, en dessous de la coupe géologique détaillée de surface suivant le ravin du Laid Trou, qui est reproduite en figure 8 dans le mémoire de R. Anthoine. Cette coupe verticale montre que le Revinien affleure très largement, inclinant *partout* au sud d'environ 60°, depuis son contact avec le Devillien, jusqu'à 750 mètres

us au sud, c'est-à-dire jusque pratiquement à aplomb de la tête de l'horizon magnétique devillien, ± 500 m de profondeur et inclinant au sud de 60°.

La combinaison de tous ces éléments disponibles rouve l'impossibilité d'un emboîtement, en contact ormal, du Revinien avec le Devillien.

L'interprétation la plus vraisemblable conduit à ire reposer le Revinien sur le Devillien par l'intermédiaire d'une fracture, donc en disposition simiire à celle déterminée par les levés géologiques les us récents, dans les régions plus à l'est.

Il est particulièrement intéressant de comparer la oupe du ruisseau du Laid Trou à celle du ruisseau de ôba, toutes deux à travers un contact Revinien-evillien.

Il y a une dizaine d'années, quand je commençai es levés, les observations étaient fort clairsemées ans la vallée de Rôba ; les phyllades à magnétite vaient été trouvés en débris aux environs du km 6,6 e la route de Ligneuville à St-Vith ; vers le sud, près u km 7,2, on voyait affleurer le Revinien avec d = .-70°-W. ; i = 55°-S.

Après avoir levé, entre les ruisseaux de Rôba et de echt, le parcours du niveau à magnétite, également vec direction N.-70°-W. et inclinaison au sud, je fus appé par les allures identiques du Revinien et du evillien, près de leur contact. Les apparences conuisaient donc ici, comme dans la vallée du ruisseau u Laid Trou, à conclure à un contact normal, avec evinien reposant sur le Devillien, mais ceci conairement aux tracés de R. Anthoine et de F. Geukens ui avaient conclu à un contact par faille (de charage), par l'observation de la géométrie des formaons à proximité, que seule une parfaite connaisance du terrain par ces géologues avait permis d'inrpréter en ce sens.

Les choses auraient pu en rester là si, en 1969, à l'occasion de travaux de rectification de la route, son talus oriental n'avait pas été entamé, mettant à nu une coupe continue spectaculaire, entre les km 6,6 et 7,0.

La photographie de la figure 5 montre la partie septentrionale de cette coupe.

A l'extrémité droite de la photographie, donc vers le sud, on distingue le Revinien, formé surtout de schistes très foncés, avec rares intercalations de quartzite, inclinant au sud et ayant gardé approximativement son allure du km 7,2. La formation vient buter contre une fracture, inclinant de 70 à 80° vers le sud, à remplissage ferrugineux, partiellement scoriacé, ayant l'aspect d'un chapeau de fer, ce qui fait penser que cette fracture est minéralisée (*). Au nord de la fracture s'étale un fond de synclinal revinien, déjeté vers le nord, composé d'une alternance de phyllades et de quartzites, de teinte beaucoup plus claire que celle du Revinien plus au sud. Son flanc nord est coupé par une deuxième fracture (peu visible sur la photographie). Suit une zone très dérangée et broyée, appartenant encore au Revinien (visible sur la photographie par deux bandes subverticales de teinte légèrement plus foncée). On en arrive à l'extrémité septentrionale de la coupe (partie gauche de la fig. 5), où I. de Magnée, lors d'une excursion géologique

(*) S'il en est ainsi, on ne peut manquer de comparer ce fait à la minéralisation en blende et galène, qui a été signalée par J.M. Graulich, en 1967, près d'une zone de 3,65 m de puissance, avec « ... *roche glissée et broyée, localement transformée en argile* », zone située au contact du Revinien avec le Devillien, dans un sondage dans la vallée des Trois-Fontaines (Bois Monti) Grand-Halleux. Dans ce sondage, les deux formations se montrèrent, de part et d'autre du contact, comme d'allure similaire, en direction et en inclinaison.



g. 5. — Talus oriental de la route de Ligneuville à Kaiserbaracke et St-Vith, le long du ruisseau de Rôba. (La balise routière blanche, à l'extrémité gauche de la photographie, est située au km 6,670 de la route).

avec ses étudiants, a trouvé les phyllades à magnétite du Devillien, en place mais en allure indéterminable. On sait cependant, par l'allure de la crête magnétique correspondante, que leur direction est de N.-70°-W. et qu'ils inclinent au sud.

Je crois bien qu'il y aura accord pour assigner à ce fond de synclinal le rôle d'un lambeau de poussée, délimité par fractures et en position isolée entre Revinien et Devillien. Le contact par faille de charriage ne peut donc plus faire de doute.

3. *COMPARAISON DE LA CARTE DES ISOGAMMES AVEC LA CARTE AEROMAGNETIQUE DE LA BELGIQUE*

La disposition générale des isogammes dans la région étudiée, telle qu'elle apparaît sur la figure 2, mérite d'être confrontée avec celle qui figure sur la carte aéromagnétique de la Belgique, à l'échelle du 1/300.000e.

Rappelons que cette carte donne les variations du champ magnétique *total* et non pas celles de sa composante verticale, comme c'est le cas pour la carte magnétique restreinte de la figure 2. Toutefois, vu la forte inclinaison (environ 66°) du vecteur champ total, celui-ci varie approximativement comme sa composante verticale. Une comparaison entre les deux images magnétiques est donc permise.

La crête magnétique principale de la figure 2 se retrouve très distinctement sur la carte aéromagnétique ; elle s'étale au S.W. et parallèlement à une bande d'intensité magnétique plus faible qui correspond, dans les grandes lignes, à l'extension du massif de Falize-Ligneuville, ce qui laisse peu d'espoir de trouver des zones d'anomalie positive en plein massif devillien.

Il y a cependant lieu d'insister sur le fait que la concordance entre les deux cartes n'existe que pour les allures « en grand » (*). On ne retrouve sur la crête positive de la carte aéromagnétique aucune des allures de détail (inflexions, plis, décrochements, digitations), qui sont visibles sur la crête de la figure 2.

Comme ce sont surtout ces allures de détail qui aident à débrouiller la tectonique, on voit bien les avantages inhérents à un levé magnétique basé sur des mesures à la surface du sol, du moins en des régions avec faible couverture non magnétique.

(*) La même constatation peut se faire, en comparant à la carte aéromagnétique les cartes magnétiques, résultant de levés à la surface du sol, qui ont été publiées sur les régions de Court-St-Etienne et de Grand-Halleux.

BIBLIOGRAPHIE

ANCION, Ch. — 1933. Stratigraphie du Revinien dans la p centrale du massif de Stavelot. *Ann. Soc. Géol. de Belg.*, t pp. B 332-344.

ANTHOINE, R. — 1940. Contribution à l'étude du massif brien de Rocroi. *Mém. Acad. Roy. de Belg. Cl. des Scienc* 12, fasc. 4.

ANTHOINE, R. — 1940. La Fenêtre de Falize-Ligneuville. *Soc. Géol. de Belg.*, t. 63, pp. M 3-43.

de MAGNEE, I. et RAYNAUD, J. — 1944. Etude magnétique tectonique du Cambrien du Brabant à l'Est de Court-St-Etie *Ann. Soc. Géol. de Belg.*, t. 67, pp. M 495-546.

DEWALQUE, G. — 1874. Sur l'allure des couches du te cambrien de l'Ardenne, et en particulier sur la dispositio massif devillien de Grand-Halleux et sur celle de l'hyalophy Mairu, près Deville (dép. des Ardennes). *Ann. Soc. Géo Belg.*, t. 1, pp. M 63—70.

DEWALQUE, G. — 1901. Planchette No. 160 « Stav Francheville » au 1/40.000e de la Carte géologique de la gique.

DEWALQUE, G. — 1903. Carte géologique de la Belgique e provinces voisines. 2e édition.

DEWALQUE, G. — 1905. Essai de carte tectonique de la Belg et des provinces voisines. *Ann. Soc. Géol. de Belg.*, t. 32, p 57, 72 - M 121-122, pl. IV.

DUHOUX, P. — 1938. Etude géomagnétique du Massif du H *Ann. Soc. Géol. de Belg.*, t. 42, pp. M 107-151.

DUMONT, A.H. — 1847-1848. Mémoire sur les terrains an nais et rhénan de l'Ardenne, du Rhin, du Brabant et du Con *Mém. Acad. Roy. de Belg.*, t. XX, 1847, t. XXI, 1848.

GAIBAR-PUERTAS, C. et HOGE, E. — 1951. Descriptio interprétation provisoire de quelques observations géomag ques et géologiques effectuées sur le massif de Serpont. *Soc. Belg. de Géol.*, t. 40, pp. 374-397.

GEUKENS, F. — 1952. Contribution à l'étude de la partie r ouest du massif cambrien de Stavelot. *Mém. Inst. Géo l'Univ. Louvain*, t. 16, pp. 77-170.

GEUKENS, F. — 1961. De geologische struktuur rond het D lium massief van Falize-Ligneuville. *Meded. Kon. Vl. Akad. Wetensch., Lett. en Sch. Kunsten van België, Kl. Weten* jaarg. XXIII, nr. 3, blz. 3-16.

GRAULICH, J.M. et KOENIGSFELD, J.L. — 1962. E géomagnétique de la partie méridionale du massif devillie Grand-Halleux (massif de Stavelot). *Mém. Serv. Géol. de B* n° 3, pp. 1-72, pl. I-III.

GRAULICH, J.M. — 1967. Deux sondages dans la vallée Trois-Fontaines (Bois Monti) Grand-Halleux. *Serv. Géol. Belg., Prof. Paper*, n° 6, pp. 1-12.

GREBE, H. — 1899-1900. Mitteilungen der Mitarbeiter Königlichen geologischen Landesanstalt über Ergebnisse Aufnahmen im Jahren 1898-1899. *Jahrb. Kön. Preuss. g Landes und Bergakademie (Berlin)*, Bd. XIX, ss. XCIX (1899) ; Bd. XX, ss. XLII-L (1900).

GULINCK, M., HOGE, E. et GEUKENS, F. — 1952. Résu préliminaires des sondages de Bras (massif de Serpont). *Soc. Belg. de Géol.*, t. 41, pp. 236-244.

RENARD, E. — 1927. Le massif devillien de Falize-Ligneuv *Ann. Soc. Géol. de Belg.*, t. 50, pp. B 111-116.

SERVICE GEOLOGIQUE DE BELGIQUE. — 1964. Carte a magnétique de la Belgique, à l'échelle du 1/300.000e.

. .
.

rspectives économiques la gazéification souterraine us haute pression

Economische vooruitzichten van de ondergrondse vergassing onder hoge druk

RESUME

n groupe de travail a été chargé d'évaluer le prix de ent de l'énergie électrique qui pourrait être obte- dans une centrale à cycle combiné, alimentée par jaz pauvre produit par gazéification souterraine, ant le procédé proposé par l'INIEX.

e prix de revient dépend essentiellement de la ondeur et du volume de charbon gazéifié, à partir haque sondage. Si ce volume atteint 7000 m³, le t de la gigacalorie extraite à 1000 m de profondeur rait se situer entre 180 et 250 FB, ce qui reste en deça du prix de revient des charbons belges.

i le volume gazéifié atteint 10 à 12.000 m³ par dage, un prix de revient de 65 centimes par kWh rait pouvoir être obtenu dans une centrale de 170 / fonctionnant 7000 h par an, sur base d'une ga- ication souterraine réalisée à 1000 m de profon- r et le même résultat pourrait être acquis à 1500 m rofondeur, si le volume de charbon gazéifié atteint à 18.000 m³ par sondage.

SAMENVATTING

Er werd een werkgroep belast met de raming van de kostprijs van de elektrische energie die zou kunnen worden verkregen in een centrale met gecombineerde kringloop, gevoed met een arm gas dat geproduceerd wordt door ondergrondse vergassing, volgens het door het NIEB voorgestelde procédé.

De kostprijs is hoofdzakelijk afhankelijk van de diepte en van het volume vergaste steenkool vanuit elke boring. Indien dit volume 7.000 m³ bereikt zou de kostprijs van de op 1.000 m diepte gewonnen giga- calorie tussen 180 en 250 BF kunnen liggen, wat ver onder de kostprijs van de Belgische steenkool valt.

Indien het vergaste volume 10 tot 12.000 m³ per boring bedraagt zou een kostprijs van 65 centiemen per kWh moeten kunnen worden verkregen in een centrale van 170 MW, welke 7.000 h per jaar werkt op basis van een ondergrondse vergassing op 1.000 m diepte, en hetzelfde resultaat zou op 1.500 m diepte kunnen worden verkregen indien het volume vergaste steenkool 16 tot 18.000 m³ per boring be- reikt.

ZUSAMMENFASSUNG

ïne Arbeitsgruppe wurde damit beauftragt, die stkosten der Stromenergie zu ermitteln, die in m Kombinationskraftwerk erzeugt werden könn- welches mit einem durch Untertagevergasung er- iten Schwachgas nach dem vom INIEX vor- chlagenen Verfahren versorgt würde.

SUMMARY

A working group has been entrusted with the task of estimating the cost of electricity generated in a combined-cycle power station fired with low BTU gas obtained by underground gasification using the INIEX process.

Bei der Festlegung der Selbstkosten kommt es vor allen Dingen auf die Tiefenlage bzw. auf das vergaste Kohlevolumen bei jeder Bohrung an. Sollte dieses Volumen 7.000 Kubikmeter betragen, so könnte der Selbstkostenpreis der bei 1.000 M Tiefe gewonnenen Gigakalorie zwischen 180 und 250 BF schwanken, und dies liegt weit unter dem Selbstkostenniveau der belgischen Kohlen.

Stellt sich das vergaste Volumen auf 10.000 bis 12.000 Kubikmeter pro Bohrung, so sollte ein Selbstkostenpreis von 65 Centimen pro kW Stunde in einem Kraftwerk von 170 MW erzielt werden können, welches 7.000 Stunden jährlich in Betrieb ist, und zwar auf der Grundlage einer Untertagevergasung bei 1.000 M Tiefe, und dasselbe Ergebnis könnte bei 1.500 M Tiefe erzielt werden, sollte das Volumen der vergasten Kohle 16.000 bis 18.000 Kubikmeter pro Bohrung betragen.

The cost depends essentially on the depth at whic the coal is situated, and on the quantity gasified fro each borehole. If this volume is in excess of 700 cu.m., the cost per gigacalorie extracted at 100 metres depth could be between 180 and 250 B which is very much lower than the cost of Belgia coals.

If the volume gasified is as much as 10 000 12 000 cu.m. per borehole, it should be possible achieve a cost of 65 centimes per kWh in a 170 M power station operating for 7000 hrs/year, on th basis of underground gasification at 1000 metre depth ; the same result could be expected for coal a 1500 m depth, if the gasified volume from each bo rehole is 16 000 to 18 000 cu.m.

AVANT-PROPOS

Dans son rapport au Ministre, la Commission Technique « Gazéification souterraine sous haute pression », créée en date du 11 septembre 1974, à l'initiative de M. E. Knoops, Secrétaire d'Etat adjoint au Ministre des Affaires Economiques, a préconisé la réalisation de plusieurs études préliminaires et notamment d'une étude visant à vérifier la possibilité économique d'une valorisation, à l'échelle industrielle, de l'énergie extraite par le procédé de gazéification souterraine à haute pression, en vue de la production d'électricité.

La réalisation de cette étude a été confiée à un groupe de travail qui s'est réuni au siège social de « Laborelec » à Rhode-St-Genèse les 7 et 30 avril 1975, ainsi que les 20 janvier, 25 février, 23 mars et 25 juin 1976.

A ce groupe de travail, présidé par M. P. Ledent, Directeur de l'INIEX, ont participé :

Pour la Commission Technique « Gazéification souterraine » :

MM. J. Baudry (Charbonnages d'Hensies-Pommerœul)*
J. Brych (Faculté Polytechnique de Mons)
G. Darmont (Laborelec)
J. Fafchamps (Université de Liège)
P. Outer (CERW)

* Décédé le 20 juin 1975.

VOORWOORD

De Technische Commissie « Ondergrondse ve gassing onder hoge druk », opgericht op 11 sep tember 1974 op initiatief van de Heer E. Knoops Staatssecretaris toegevoegd aan de Minister va Economische Zaken, heeft in haar verslag aan de M nister de uitvoering voorgestaan van meerdere voo afgaande studies, en onder meer de studie welke d economische mogelijkheid beoogt na te gaan van ee valorisatie op industriële schaal van de door he ondergronds vergassingsprocédé onder hoge dru gewonnen energie, met het oog op de produktie va elektriciteit.

De uitvoering van deze studie werd toevertrouw aan een werkgroep die vergaderde op de maatschap pelijke zetel van « Laborelec » te Sint-Genesius Rode, op 7 en 30 april 1975, evenals op 20 januari 25 februari, 23 maart en 25 juni 1976.

Aan deze werkgroep, voorgezeten door de Heer P Ledent, Directeur van het NIEB, namen deel :

Voor de Technische Commissie « Ondergrondse vergassing » :

De HH. J. Baudry (Charbonnages d'Hensies-Pommerœul)*
J. Brych (Faculté Polytechnique de Mons)
G. Darmont (Laborelec)
J. Fafchamps (Université de Liège)
P. Outer (CERW)

* Overleden op 20 juni 1975.

J. Patigny (Université Catholique de Louvain)
J. Ribesse (Distrigaz)
R. Stinglhamber (CRIF)

titre de consultants :

M. P. De Boeck (Traction et Electricité)
R. de Viron (Linalux)
Ch. Heine (Electrobel)

titre d'observateurs :

M. R. Breton (Charbonnages de France)
J. Decherf (Charbonnages de France)
P. Dumoutet (Cerchar)
R. Monteyne (Secrétariat d'Etat Adjoint au Ministère des Affaires Economiques)
D. Seelemann (Cerchar)

our l'INIEX :

M. P. Browaeys
V. Chandelle

Les membres du groupe de travail sont conscients ı caractère provisoire de ce travail basé sur un cer-in nombre d'hypothèses et de données numériques ont la valeur devra être réexaminée au fur et à me-ıre de la progression des études expérimentales.

Ils croient également nécessaire d'attirer l'attention ı lecteur sur le fait que toute l'étude a été axée sur la lorisation du gaz par production d'électricité. Dans tte optique, il leur a paru commode d'inclure le coût obal des compresseurs d'air et des installations épuration des gaz dans l'investissement consenti our la réalisation de la centrale électrique, qui a été valué par comparaison avec les valeurs admises our une centrale à cycle combiné du genre de la ntrale STEAG à Lünen dans laquelle le charbon trait est préalablement gazéifié dans des gazogènes haute pression.

Dans la même optique, l'énergie consommée pour ssurer la circulation de l'air et du gaz dans le gazo-ène souterrain a été imputée comme consommation opre de la centrale, son rendement global étant de fait ramené à 36 %.

Ce mode de calcul n'affecte pas le résultat final de étude lorsqu'on l'exprime sous la forme du prix de vient du kWh, mais il entraîne une sous-estimation ı prix de la « gigacalorie extraite », qui ne constitue ı'un élément de calcul transitoire dont se trouvent clus le coût de l'énergie consommée pour assurer la rculation de l'air dans le gazogène souterrain et le oût de l'épuration du gaz préalable à son utilisation.

J. Patigny (Université Catholique de Louvain)
J. Ribesse (Distrigaz)
R. Stinglhamber (CRIF)

Als raadgevers :

De HH. P. De Boeck (Traction et Electricité)
R. de Viron (Linalux)
Ch. Heine (Electrobel)

Als waarnemers :

De HH. R. Breton (Charbonnages de France)
J. Decherf (Charbonnages de France)
P. Dumoutet (Cerchar)
R. Monteyne (Staatssecretariaat toegevoegd aan het Ministerie van Economische Zaken)
D. Seelemann (Cerchar)

Voor het NIEB :

De HH. P. Browaeys
V. Chandelle

De leden van de werkgroep zijn zich bewust van het tijdelijke karakter van dit werk dat steunt op een zeker aantal hypothesen en cijfergegevens waarvan de waarde opnieuw zal moeten worden onderzocht naarmate de proefnemingsstudies vorderen.

Zij achten het tevens nodig de aandacht van de lezer te vestigen op het feit dat de ganse studie gericht was op de gasvalorisatie door produktie van elektriciteit. Uit dit oogpunt bleek het hen geschikt de globale kostprijs van de luchtcompressoren en de gaszuiveringsinstallaties op te nemen in de verleende investering voor de totstandbrenging van de elektrische centrale, welke geraamd werd bij vergelijking met de toegestane waarden voor een centrale met gecombineerde kringloop in de aard van de STEAG-centrale te Lünen waarin de gewonnen steenkool vooraf vergast wordt in hogedrukgasgenerators.

Uit hetzelfde oogpunt werd de verbruikte energie voor de lucht- en gascirculatie in de ondergrondse gasgenerator opgenomen als eigen verbruik van de centrale, waardoor het globale rendement bijgevolg op 36 % werd teruggebracht.

Deze rekenwijze heeft geen invloed op het eindresultaat van de studie wanneer het uitgedrukt wordt in de vorm van de kostprijs van het kWh, maar het brengt een onderschatting teweeg van de prijs van de « gewonnen gigacalorie », die slechts een overgangsberekeningselement is waarin de prijs aan verbruikte energie voor de luchtcirculatie in de ondergrondse gasgenerator en de prijs voor de gaszuivering vóór het gebruik ervan, niet ingerekend zijn.

Le présent document constitue le rapport final des travaux du groupe de travail.

Il est divisé en six chapitres :

1. Rappel des principales caractéristiques du procédé de gazéification souterraine proposé par l'INIEX
2. Hypothèses admises comme bases de calcul
3. Programme d'exploitation
4. Coût de l'énergie thermique
5. Prix de revient du kWh
6. Conclusions.

1. *RAPPEL DES PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DU PROCEDE DE GAZEIFICATION SOUTERRAINE PROPOSE PAR L'INIEX*

Le procédé de gazéification souterraine, proposé par l'INIEX, est un procédé d'exploitation des gisements de houille situés à moyenne ou à grande profondeur, utilisant la filtration d'un courant gazeux entre des sondages réalisés à partir de la surface.

Il constitue une adaptation de la méthode qui s'est développée pour l'exploitation des gisements peu profonds en U.R.S.S. (exploitations d'Angren et de Youzno-Abinskaya) et aux U.S.A. (Hanna). Son originalité découle d'un certain nombre de caractéristiques que l'on peut résumer comme suit :

1. Développement de l'exploitation dans des zones vierges, à plus de 700 m de profondeur, afin que l'étanchéité du gazogène souterrain puisse être assurée et maintenue, grâce au comportement plastique des schistes houillers.
2. Réalisation de la gazéification par injection d'air, ou d'un mélange d'air et de vapeur, sous haute pression, les pressions maximales restant en deçà de la pression hydrostatique qui règne dans les terrains sus-jacents.
3. Réalisation simultanée d'une production continue de gaz et d'une fluctuation cyclique de la pression, dans le gazogène souterrain, cette variation de pression étant obtenue par variation du débit et de la pression de l'agent gazéifiant injecté.
4. Protection des sondages d'évacuation du gaz de gazéification par des dispositifs de refroidissement à circulation d'eau, les échanges thermiques étant réalisés au travers d'une paroi métallique, afin de produire de la vapeur d'eau à une pression et à une température convenant pour l'alimentation d'une turbine ou pour sa réinjection dans le gazogène souterrain.

Dit document vormt het eindverslag van de wer zaamheden van de werkgroep.

Het is onderverdeeld in 6 hoofdstukken :

1. Herhaling van de voornaamste kenmerken van h door het NIEB voorgestelde ondergronds verga singsprocédé
2. Als rekenbasis aangenomen hypothesen
3. Ontginningsprogramma
4. Kostprijs van de thermische energie
5. Kostprijs van het kWh
6. Conclusies

1. *HERHALING VAN DE VOORNAAMSTE KENMERKEN VAN HET DOOR HET NIEB VOORGESTELDE ONDERGRONDS VERGASSINGSPROCEDE*

Het door het NIEB voorgestelde ondergronds ve gassingsprocédé is een ontginningsprocédé voo steenkoolafzettingen op middelmatige of grot diepte, dat gebruik maakt van de filtratie van ee gasstroom tussen de vanaf de bovengrond tot stan gebrachte boringen.

Het is een aanpassing van de methode die zich voo de ontginning van ondiepe afzettingen ontwikkelde i de U.S.S.R. (ontginningen van Angren e Youzno-Abinskaya) en in de U.S.A. (Hanna). Het ori ginele karakter ervan vloeit voort uit een zeker aanta kenmerken die als volgt kunnen worden samenge vat :

1. Ontwikkeling van de ontginning in onontgonne zones op meer dan 700 m diepte, opdat d ondergrondse gasgenerator dicht kan zijn en zo worden gehouden dank zij het plastisch gedrag van de kolenhoudende leisteen.
2. Totstandbrenging van de vergassing door injectie van lucht of een mengsel van lucht en stoom onder hoge druk, waarbij de maximale drukkin gen onder de hydrostatische druk blijven die in de bovenliggende gesteenten heerst.
3. Gelijktijdige uitvoering van een bestendige gasproduktie en een cyclische drukschommeling in de ondergrondse gasgenerator, waarbij deze drukverandering verkregen wordt door verandering van het debiet en de druk van het geïnjecteerde vergassingsmiddel.
4. Beveiliging van de afvoerboringen voor het vergassingsgas door koelers met watercirculatie, waarbij de thermische uitwisseling gebeurt doorheen een metalen wand, om waterdamp te produceren bij een druk en een temperatuur die gepast zijn voor de voeding van een turbine of voor de nieuwe injectie ervan in de ondergrondse gasgenerator.

Réalisation simultanée de la gazéification des couches profondes et du captage du grisou qui se dégage dans la partie supérieure du gisement, par suite de la détente et de la fissuration des terrains, consécutives à la gazéification des couches profondes.

Association du gazogène souterrain avec une centrale électrique à cycle combiné : turbine à gaz + turbine à vapeur, qui utilise tout à la fois le gaz pauvre de gazéification souterraine, le gaz riche de captage (grisou) et la vapeur produite dans les circuits de refroidissement des sondages.

Synchronisation du cycle de fonctionnement du gazogène souterrain avec les fluctuations journalières de demande de courant dans le réseau électrique de distribution, de telle façon que l'énergie accumulée par la compression des gaz dans les cavités souterraines, durant les périodes de faible demande, puisse être restituée, sous forme d'énergie électrique, durant les périodes de pointe.

Ces différentes caractéristiques sont illustrées à la gure 1 qui schématise une coupe dans le gisement assant par deux sondages d'exploitation.

L'air sous pression, insufflé par le premier sondage, tre à travers la couche en cours d'exploitation. Il est pris à l'état de gaz pauvre par le sondage de captage u gaz, équipé d'un dispositif de refroidissement à rculation d'eau.

La gazéification de la couche en cours d'exploitaon entraîne une détente progressive du massif suscent. Cette détente permet le dégagement du grisou ontenu dans les veines et dans les veinettes urmontant la couche exploitée, et ce grisou est colcté par un troisième sondage foré jusqu'à la partie upérieure du gisement.

Le gazogène souterrain est associé à une centrale à ycle combiné : gaz + vapeur, qui utilise tout à la is :

- le gaz pauvre, préalablement épuré, qui est brûlé sous pression dans une chambre de combustion alimentant la turbine à gaz ;
- le gaz riche qui est stocké ou injecté dans la chambre de combustion, pour alimenter une flamme pilote ou un brûleur de soutien destiné à pallier les variations du pouvoir calorifique du gaz pauvre ;
- la vapeur d'eau produite par le dispositif de refroidissement des sondages à gaz, qui contribue à l'alimentation de la turbine à vapeur.

Le compresseur à air, qui alimente le gazogène uterrain, est actionné par moteur électrique. Son ébit nominal est sensiblement supérieur au débit quis pour assurer la production du gaz pauvre. Ses ériodes de fonctionnement sont synchronisées avec

5. Gelijktijdige verwezenlijking van de vergassing van de diepe lagen en van de afzuiging van mijngas dat vrijkomt in het hogere afzettingsgedeelte, naar aanleiding van de ontspanning en de splijting van de gesteenten volgend op de vergassing van de diepe lagen.
6. Koppeling van de ondergrondse gasgenerator aan een elektrische centrale met gecombineerde kringloop : gasturbine + stoomturbine, welke tegelijkertijd het arm gas van de ondergrondse vergassing aanwendt, het rijk gas van de afzuiging (mijngas) en de in de koelwegen van de boringen geproduceerde stoom.
7. Synchronisatie van de werkingskringloop van de ondergrondse gasgenerator met de dagschommelingen van de stroomvraag in het elektrisch bedeelnet zodat de tijdens de perioden van lage vraag opgestapelde energie door de samendrukking van de gassen in de ondergrondse holten, in de vorm van elektrische energie kan worden vrijgemaakt tijdens de piekperiodes.

Deze verschillende kenmerken zijn geïllustreerd op figuur 1 die schematisch een doorsnede voorstelt in een afzetting door twee ontginningsboringen.

De door de eerste boring ingeblazen lucht onder druk filtreert doorheen de in ontginning zijnde laag. Ze wordt opgevangen als arm gas door de gasafzuigboring welke voorzien is van een koeler met watercirculatie.

De vergassing van de in ontginning zijnde laag veroorzaakt een geleidelijke ontspanning van het bovenliggende gesteente. Deze ontspanning maakt het mogelijk het mijngas vrij te maken dat in de lagen en de riffels boven de ontgonnen laag opgesloten zit. Dit mijngas wordt verzameld door een derde boring die tot aan het bovenste afzettingsgedeelte geboord is.

De ondergrondse gasgenerator is verbonden met een centrale met gecombineerde cyclus : gas + stoom, welke tegelijkertijd gebruik maakt van :

— het vooraf gezuiverde arm gas dat onder druk verbrand is in een verbrandingskamer welke de gasturbine voedt;
— het rijk gas dat opgeslagen of geïnjecteerd is in de verbrandingskamer om een proefvlam of een hulpbrander te voeden welke bestemd is om de veranderingen in de stookwaarde van het arm gas te beletten;
— de door de koeler van de gasboringen geproduceerde stoom welke bijdraagt tot de voeding van de stoomturbine.

De luchtcompressor welke de ondergrondse gasgenerator voedt is aangedreven door een elektrische motor. Het nominaal debiet ervan ligt gevoelig lager dan het debiet dat vereist is voor de produktie van arm gas. De werkingsperiodes zijn gesynchroniseerd

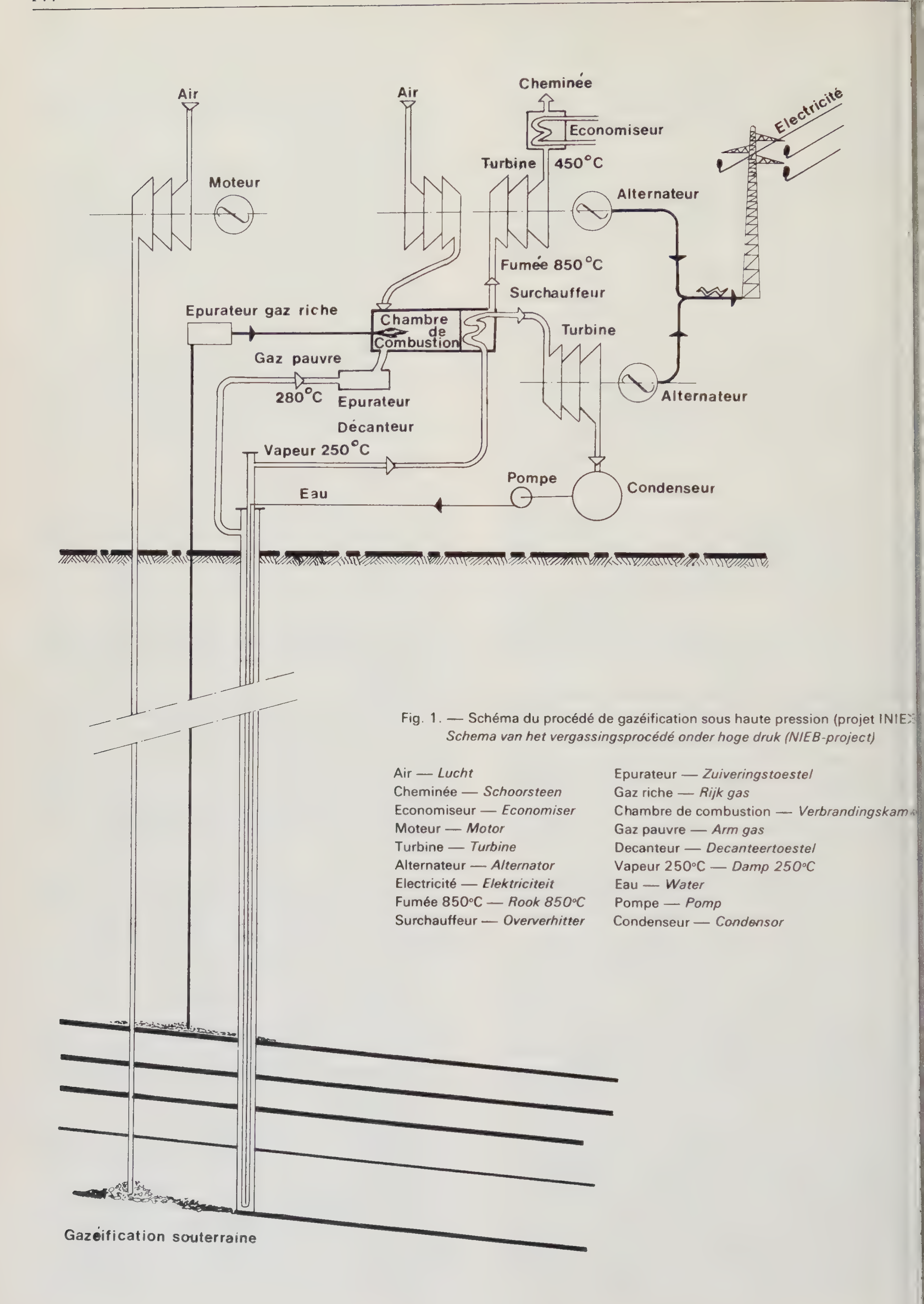


Fig. 1. — Schéma du procédé de gazéification sous haute pression (projet INIEX
Schema van het vergassingsprocédé onder hoge druk (NIEB-project)

Air — *Lucht*
Cheminée — *Schoorsteen*
Economiseur — *Economiser*
Moteur — *Motor*
Turbine — *Turbine*
Alternateur — *Alternator*
Electricité — *Elektriciteit*
Fumée 850°C — *Rook 850°C*
Surchauffeur — *Oververhitter*
Epurateur — *Zuiveringstoestel*
Gaz riche — *Rijk gas*
Chambre de combustion — *Verbrandingskam*
Gaz pauvre — *Arm gas*
Decanteur — *Decanteertoestel*
Vapeur 250°C — *Damp 250°C*
Eau — *Water*
Pompe — *Pomp*
Condenseur — *Condensor*

: périodes de faible demande de courant et elles traînent une montée progressive de la pression ns le gazogène souterrain.

Durant les heures de pointe de consommation électricité, l'électrocompresseur est arrêté et la oduction du gaz est réalisée par décompression ogressive du gazogène, toute l'énergie électrique oduite restant disponible pour l'alimentation du réau.

2. *HYPOTHESES DE TRAVAIL*

2.1. *Cadre de l'étude*

L'étude est limitée à la valorisation des produits : la gazéification proprement dite et ne tient pas mpte de l'incidence économique du captage du isou, considéré comme activité distincte.

2.2. *Caractéristiques du gaz de gazéification*

Le pouvoir calorifique du gaz peut varier en fonc- n de l'indice de matières volatiles des couches ex- oitées et des conditions d'exploitation ; cette va- tion n'ayant qu'une faible influence sur le prix de vient du kWh, on a admis, en première approxima- n, que le gaz qui parvient à la centrale a un P.C.I. nstant de *800 kcal/Nm³* et une température de 30°C.

Au besoin, ce P.C.I. minimum sera maintenu en isant appel à un combustible d'appoint.

2.3. *Coefficient d'utilisation du gisement*

Les données obtenues à Angren (U.R.S.S.) sur la ise d'une exploitation de gazéification souterraine : lignite à une profondeur de l'ordre de 150 et 300 , conduisent à la répartition suivante de l'énergie tentielle du gisement :

- Chaleur potentielle du gaz produit — 45 %
- Pertes de gaz — 10 à 15 %
- Chaleur sensibie du gaz — 5 %
- Pertes de chaleur (roches et vaporisation) — 15 à 20 %
- Imbrûlés — 20 %

met de periodes van lage vraag en zij veroorzaken een geleidelijke druktoename in de ondergrondse gasgenerator.

Tijdens de piekuren in het elektriciteitsverbruik wordt de elektrocompressor stilgelegd en de gasproduktie gebeurt door geleidelijke drukvermindering van de gasgenerator waarbij alle geproduceerde elektrische energie beschikbaar blijft voor de voeding van het net.

2. *WERKHYPOTHESE*

2.1. *Studiekader*

De studie is beperkt tot de valorisatie van de produkten van de eigenlijke vergassing en houdt geen rekening met de economische weerslag van de mijngasafzuiging welke beschouwd wordt als een onderscheiden bedrijvigheid.

2.2. *Kenmerken van het vergassingsgas*

De stookwaarde van het gas kan veranderen volgens de index aan vluchtige bestanddelen van de ontgonnen afzettingen en volgens de ontginningsomstandigheden; daar deze verandering slechts weinig invloed uitoefent op de kostprijs van het kWh werd bij ruwe schatting aangenomen dat het gas dat de centrale bereikt een constante onderste stookwaarde heeft van *800 kcal/Nm³* en een temperatuur van 180°C.

Indien nodig zal deze minimale onderste stookwaarde gehandhaafd worden door een beroep te doen op een aanvullingsbrandstof.

2.3. *Benuttingscoëfficiënt van de afzetting*

De in Agren (U.S.S.R.) verkregen gegevens op grond van een ontginning van ondergrondse vergassing van bruinkool op een diepte van zowat 150 en 300 m, leiden tot de volgende indeling van de potentiële energie van de afzetting :

- Potentiële warmte van het geproduceerde gas : — 45 %
- Gasverliezen : — 10 tot 15 %
- Gevoelige warmte van het gas : — 5 %
- Warmteverliezen (gesteenten en verdamping) : — 15 tot 20 %
- Onverbrande steenkool : — 20 %

Les études thermodynamiques montrent que l'utilisation de hautes pressions de gazéification a pour effet d'augmenter la chaleur sensible du gaz produit et de réduire la perte de chaleur à travers les roches.

En tenant compte de ce facteur, de l'étanchéité des terrains à grande profondeur (suppression des pertes de gaz) et d'une certaine augmentation du pourcentage d'imbrûlés comme suite aux difficultés de contrôle de la gazéification à grande profondeur, les valeurs finalement admises comme bases de calcul sont détaillées au tableau I.

2.4. *Refroidissement des sondages à gaz*

Sur la base des études développées au Département de Thermodynamique de l'Université Catholique de Louvain (Professeur J. Patigny), il a été admis que le dispositif de refroidissement des sondages à gaz aurait la forme d'un doigt réfrigérant, constitué par deux tubes concentriques disposés comme indiqué à la figure 2.

Le tube intérieur d'un pouce de diamètre, qui sert à l'adduction de l'eau, est entouré d'une gaine isolante d'une épaisseur de 10 à 15 mm. L'eau et la vapeur produite remontent dans l'espace annulaire compris entre cette gaine et le tube-enveloppe, d'un diamètre extérieur de 140 mm.

2.5. *Caractéristiques des sondages de gazéification*

Le diamètre des sondages à gaz a été choisi de telle façon que le dispositif de refroidissement n'occupe pas plus de 50 % de la section droite, ceci conduit à un diamètre intérieur plus grand ou égal à $\sqrt{2} \times 140$ mm. En pratique, on a retenu un tubage normalisé de 8 5/8'' (219,2 mm), avec une épaisseur de paroi de 10,2 mm, ce qui conduit à un diamètre intérieur de 198,8 mm.

L'exploitation par gazéification souterraine implique la réalisation d'un grand nombre de sondages répartis sur toute la surface à exploiter. L'expérience acquise en U.R.S.S. montre cependant qu'il n'est pas nécessaire que tous les sondages soient utilisés pour le captage du gaz.

Dans le cas d'une exploitation à grande profondeur, la spécialisation de la fonction des sondages entraîne une économie importante, les sondages utilisés uniquement pour l'injection de l'air pouvant être foncés à plus faible section.

De thermodynamische studies tonen aan dat aanwending van hoge vergassingsdrukken de g voelige warmte van het geproduceerde gas verhog en het warmteverlies doorheen de gesteenten bep ken.

Rekening houdend met deze factor, met de dich heid van de gesteenten op grote diepte (afschaffi van de gasverliezen) en met een zekere toename va het percentage onverbrande steenkool naar aanl ding van de beheersingsmoeilijkheden van de ve gassing op grote diepte, zijn de uiteindelijk als kenbases aangenomen waarden in detail opgenom in tabel I.

2.4. *Koeling van de gasboringen*

Op grond van de in het Departement Thermodyn mica van de Katholieke Universiteit van Leuven (Pr fessor J. Patigny) ontwikkelde studies werd aang nomen dat de koeler voor de gasboringen de vor zou hebben van een koelvinger bestaande uit twe concentrische buizen welke opgesteld zijn zoals aa gegeven op figuur 2.

De binnenste buis met een diameter van een dui welke dient voor de watertoevoer, is omringd met ee 10 tot 15 mm dikke isolerende huls. Het water en d geproduceerde stoom stijgen in de ringvormig ruimte tussen deze huls en de omhulselbuis wel een buitendiameter van 140 mm heeft.

2.5. *Kenmerken van de vergassingsboringen*

De diameter van de gasboringen werd zo gekoze dat de koeler niet meer dan 50 % van de recht doorsnede inneemt. Dit leidt tot een binnendiamete groter of gelijk aan $\sqrt{2} \times 140$ mm. In de prakti werd een genormaliseerde verbuizing van 8 5/8 (219,2 mm), met een wanddikte van 10,2 mm i aanmerking genomen, wat leidt tot een binner diameter van 198,8 mm.

De ontginning door ondergrondse vergassing im pliceert de totstandbrenging van een groot aanta boringen verdeeld over de ganse te ontginnen op pervlakte. De in de U.S.S.R. verworven ervarin toont evenwel aan dat niet alle boringen noodzakeli kerwijs moeten worden gebruikt voor de gasa zuiging.

In het geval van een ontginning op grote diept veroorzaakt de specialisatie van de boringenfuncti een belangrijke besparing, aangezien de uitsluiten voor de luchtinjectie gebruikte boringen een kleiner sectie mogen hebben.

Tableau I. — Répartition de l'énergie potentielle du gisement
Tabel I. — Indeling van de potentiële energie van de afzetting

. Répartition de l'énergie sous ses différentes formes	en % du potentiel du gisement *in % van het afzettings-potentieel*	en kcal par Nm³ de gaz *in kcal per Nm³ gas*	*1. Indeling van de energie in haar verschillende vormen*
– Chaleur potentielle du gaz produit	50	800	*— Potentiële warmte van het geproduceerde gas*
– Chaleur sensible du gaz au fond du sondage (700° C)	15	240	*— Gevoelige warmte van het gas onderaan in de boring (700°C)*
– Chaleur accumulée dans les roches	10	160	*— Opgestapelde warmte in de gesteenten*
– Imbrûlés « in situ »	25	400	*— Onverbrande steenkool « in situ »*
otal	100	1.600	*Totaal*

. Répartition de la chaleur sensible du gaz	en % du potentiel du gisement *in % van het afzettings-potentieel*	en kcal par Nm³ de gaz *in kcal per Nm³ gas*	*2. Indeling van de gevoelige warmte van het gas*
– Production de vapeur dans le dispositif de refroidissement du sondage	9	144	*— Stoomproduktie in de boringkoeler*
– Chaleur sensible du gaz épuré (180°C)	4	64	*— Gevoelige warmte van het gezuiverde gas (180°C)*
– Pertes de chaleur (Δt = 100°C) (transport et épuration)	2	32	*— Warmteverliezen (Δt = 100°C) (vervoer en zuivering)*
otal	15	240	*Totaal*

. Energie disponible à l'entrée de la centrale	en % du potentiel du gisement *in % van het afzettings-potentieel*	en kcal par Nm³ de gaz *in kcal per Nm³ gas*	*3. Beschikbare energie bij de ingang van de centrale*
– Chaleur potentielle du gaz	50	800	*— Potentiële warmte van het gas*
– Chaleur sensible du gaz (180°C)	4	64	*— Gevoelige warmte van het gas (180°C)*
– Vapeur du dispositif de refroidissement	9	144	*— Stoom van de koeler*
otal	63	1.008	*Totaal*

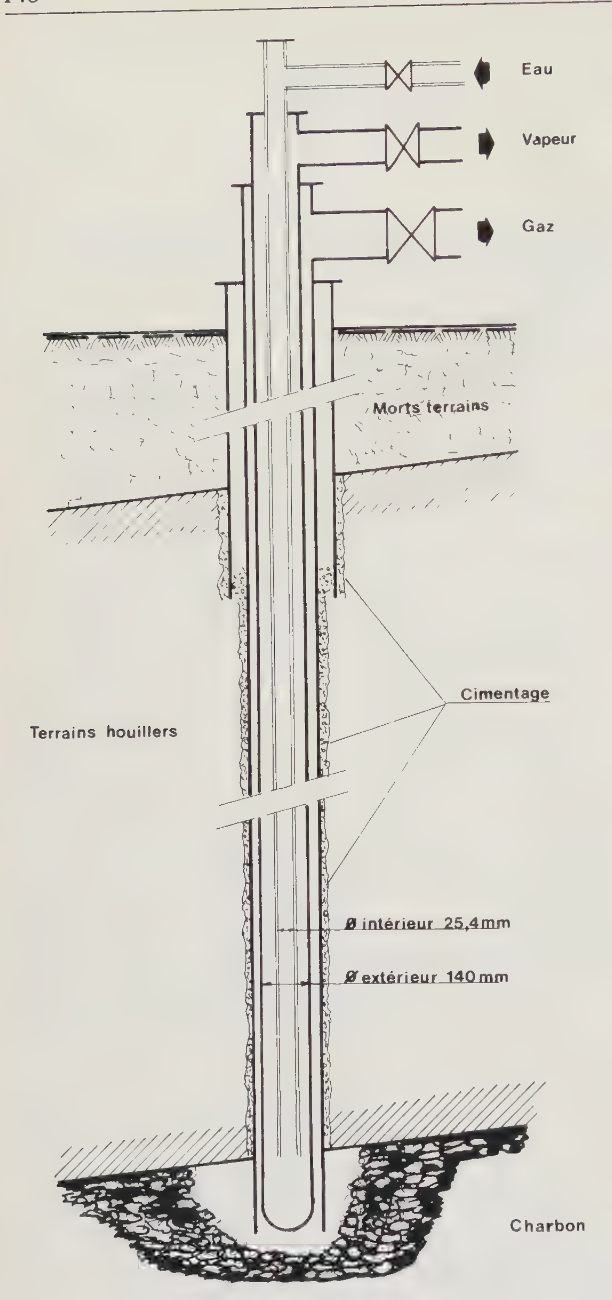


Fig. 2. — Dispositif de refroidissement des sondages
Boringenkoeler.

Eau — *Water*
Vapeur — *Damp*
Gaz — *Gas*
Morts terrains — *Deklagen*
Terrains houillers — *Steenkoolgeberg*
Cimentage — *Cementering*
Intérieur — *Binnen*
Extérieur — *Buiten*
Charbon — *Steenkool*

Deux variantes sont étudiées dans la suite du rapport :

Variante 1 : La moitié des trous sont forés au diamètre 8 5/8'' pour permettre de capter le gaz produit. Les autres sondages utilisés uniquement pour l'injection de l'air sont foncés au diamètre de 5 1/2''.

Variante 2 : Le tiers des trous sont forés au diamètre 8 5/8'' pour permettre de capter le gaz produit. Les autres sondages utilisés uniquement pour l'injection de l'air sont foncés au diamètre 4 1/2''.

In het rapport worden vervolgens twee variante bestudeerd :

Variante 1 : De helft van de gaten zijn geboord m 8 5/8'' diameter om het geproduceerde gas te ku nen afzuigen. De andere, uitsluitend voor de luchti jectie gebruikte boringen zijn gedolven met 5 1/2 als diameter.

Variante 2 : Het derde van de gaten zijn geboo met 8 5/8'' diameter om het geproduceerde gas kunnen afzuigen. De andere, uitsluitend voor d luchtinjectie gebruikte boringen zijn gedolven met 1/2'' diameter.

2.6. *Débits et pressions de fonctionnement*

Les calculs sont basés sur un débit moyen de 2.000 Nm^3/h par sondage à gaz, ce débit étant btenu par injection d'un débit d'air de l'ordre de .000 Nm^3/h.

onctionnement en régime permanent

Avec les diamètres de sondage définis ci-dessus et ompte tenu d'une température moyenne de l'ordre e 50°C dans les sondages à air et de 300°C dans les ondages à gaz, les pressions normales de fonction-ement peuvent être estimées comme indiqué au ta-leau II.

2.6. *Werkingsdebieten en -drukken*

De berekeningen zijn gebaseerd op een gemiddeld debiet van 12.000 Nm^3/h per gasboring verkregen door injectie van een luchtdebiet van zowat *9.000 Nm^3/h.*

Werking in bestendig bedrijf

Met de hierboven bepaalde boringdiameters en rekening houdend met een gemiddelde temperatuur van zowat 50°C in de luchtboringen en 300°C in de gasboringen, kunnen de normale werkingsdrukken zo worden geraamd als aangegeven in tabel II.

Tableau II. — Répartition des pressions en régime d'écoulement permanent
Tabel II. — Indeling van de drukken in bestendig stroombedrijf

Profondeur des sondages	1.000 m	1.500 m	*Diepte van de boringen*
	bars	*bars*	
Sortie du compresseur	36,0	40,0	*Bij het verlaten van de compressor*
Arrivée au fond	32,5	36,5	*Bij aankomst in de ondergrond*
Sortie du gazogène souterrain	29,0	33,5	*Bij het verlaten van de ondergrondse gasgenerator*
Arrivée à la centrale	18,0	20,0	*Bij aankomst in de centrale*

onctionnement en régime variable

Si l'on fait varier de 20 bars la pression de l'air à la ortie du compresseur, tout en maintenant constant le ébit de gaz prélevé sur le gazogène souterrain, on eut évoluer vers un régime cyclique de compression t de décompression dans les limites indiquées au ableau III.

Werking in variabel bedrijf

Indien men de luchtdruk met 20 bar verandert bij het verlaten van de compressor, terwijl het debiet van het in de ondergrondse gasgenerator opgevangen gas constant wordt gehouden, kan men evolueren naar een cyclisch samendrukkings- en drukverminderingsbedrijf binnen de grenzen aangegeven in tabel III.

Tableau III. — Répartition des pressions en régime variable
Tabel III. — Indeling van de drukken in variabel bedrijf

Profondeur des sondages	1.000 m	1.500 m	*Diepte van de boringen*
	bars	*bars*	
Sortie du compresseur	36,0—56,0	40,0—60,0	*Bij het verlaten van de compressor*
Arrivée au fond	32,5—52,5	36,5—56,5	*Bij aankomst in de ondergrond*
Sortie du gazogène souterrain	29,0—50,0	33,5—54,5	*Bij het verlaten van de ondergrondse gasgenerator*
Arrivée à la centrale	18,0—41,0	20,0—43,0	*Bij aankomst in de centrale*

Energie extraite

Compte tenu des hypothèses qui précèdent, le régime de 12.000 Nm³ de gaz par heure et par sondage correspond à une énergie extraite de :

12.000 × 800 = 9.600.000 kcal/h de chaleur de combustion
+ 12.000 × 240 = 2.880.000 kcal/h de chaleur sensible,
soit, au total : 12,48 Gcal/h par sondage de captage du gaz.

Gewonnen energie

Rekening houdend met de voorgaande hypothes stemt het bedrijf van 12.000 Nm³ gas per uur en p boring overeen met een gewonnen energie van :

12.000 × 800 = 9.600.000 kcal/h verbra dingswarmte
+ 12.000 × 240 = 2.880.000 kcal/h gevoeli warmte,
of in totaal : 12,48 Gcal/h per gasafzuigboring.

2.7. *Coût des sondages*

Le coût des sondages a été estimé sur la base d'une étude réalisée par M. J. Brych, Chargé de Cours associé à la Faculté Polytechnique de Mons.

Pour des sondages avec tubage simple, les valeurs admises sont les suivantes (tableau IV).

2.7. *Kostprijs van de boringen*

De kostprijs van de boringen werd geraamd c grond van een door de Heer J. Brych, Lector aan c Faculté Polytechnique de Mons, uitgevoerde studie

Voor de boringen met enkele verbuizing werden d volgende waarden aangenomen.

Tableau IV. — Coût des sondages avec tubage simple
Kostprijs van de boringen met enkele verbuizing

	Bassin Sud - *Zuiderbekken*			Campine - *Kempen*		
Diamètre *Diameter*	8 5/8''	5 1/2''	4 1/2''	8 5/8''	5 1/2''	4 1/2''
	(10^6 FB)	(10^6 FB)	(10^6 FB)	(10^6 FB)	(10^6 FB)	(10^6 FB)
Profondeur *Diepte*						
1.000 m	7,9	5,2	4,7	9,8	5,8	5,1
1.500 m	12,8	8,5	7,7	14,9	8,8	7,8

L'écart de coût entre la Campine et le Bassin Sud résulte de la différence d'épaisseur des morts-terrains qui exigent un forage initial à plus grand diamètre et un tubage supplémentaire pour isoler le gisement des nappes aquifères superficielles.

Het kostprijsverschil tussen de Kempen en het Zuiderbekken is het gevolg van het dikteverschil in de deklagen waarvoor een eerste boring met grotere diameter vereist is en een bijkomende verbuizing om de afzetting te isoleren van de oppervlakkige waterlagen.

2.8. *Evaluation de l'énergie consommée pour assurer la circulation de l'air et du gaz dans le parcours souterrain*

Cette évaluation doit tenir compte de deux données :

1. Le volume normal d'air utilisé pour la gazéification ne représente que 75 % du volume de gaz produit.

2.8. *Raming van de verbruikte energie voor de lucht- en gascirculatie in de ondergrondse omloop*

Deze raming moet rekening houden met twee gegevens :

1. Het normaal luchtvolume dat aangewend wordt voor de vergassing vormt slechts 75 % van het volume geproduceerd gas.

La pression à la sortie du compresseur d'air doit atteindre des valeurs 2 à 3 fois plus élevées que celles qui seraient nécessaires en l'absence de toutes pertes de charge dans le parcours souterrain.

łapportée à 1 Nm^3 de gaz de gazéification, ıuivalent calorifique de l'énergie consommée pour ncre les pertes de charge dans le parcours souter- ı peut s'exprimer par la relation :

2. De druk bij het verlaten van de luchtcompressor moet 2 tot 3 maal hogere waarden bereiken dan die welke nodig zouden zijn indien zich geen ladingsverliezen voordoen in de ondergrondse omloop.

Het warmte-equivalent van de verbruikte energie per Nm^3 vergassingsgas om de ladingsverliezen in de ondergrondse omloop te overwinnen kan worden uitgedrukt door de verhouding :

$$E_n = 0{,}75 \cdot \frac{P_o V_o}{427} \cdot \frac{T_{AD}}{T_o} \cdot \frac{1}{\rho_{iso}} \cdot l_n \frac{P_2}{P_1} \quad (\text{kcal/Nm}^3 \text{ de gaz})$$

'our un taux de compression $P_2/P_1 = 2{,}5$, une ıpérature d'admission de 20°C et un rendement thermique du compresseur de 85 %, il vient :

Bij een samendrukkingsgraad $P_2/P_1 = 2{,}5$, een inlaattemperatuur van 20°C en een isothermisch rendement van de compressor van 85 % verkrijgt men :

$$E_n = 0{,}75 \cdot \frac{10.332}{427} \cdot \frac{293}{273} \cdot \frac{1}{0{,}85} \; l_n \cdot 2{,}5 = 21 \text{ kcal/Nm}^3 \text{ de gaz,}$$

qui représente environ 2 % de l'énergie thermique ponible à l'entrée de la centrale.

wat ongeveer 2 % is van de thermische energie die aan de inlaat van de centrale beschikbaar is.

2.9. *Caractéristiques de la centrale*

.a production d'électricité est supposée réalisée ıs une centrale de 170 MW de puissance utile 33 MW de puissance installée).

.es calculs ont été menés pour deux taux d'utilisa- ı :

- le taux de 7.000 h par an, qui est celui d'une centrale de base ;
- le taux de 4.500 h par an, qui est celui d'une centrale de moyenne utilisation.

)ifférentes raisons militent en faveur de la limita- ı de la puissance installée :

Limitation du gisement à exploiter.

Limitation de la surface occupée et de la longueur des conduites de transport d'eau, de gaz et de vapeur.

Limitation des débits d'eau de refroidissement, ce qui permet une plus grande liberté dans le choix du site.

Possibilité d'obtenir un rendement élevé à partir d'un cycle mixte : turbine à gaz + turbine à vapeur fonctionnant à ce niveau de puissance.

Existence de turbines à gaz de construction standard dans la gamme de 80 MW.

\u stade actuel des études, le choix du cycle com- é paraît nécessaire pour obtenir un rendement fisant malgré la perte thermodynamique qu'impli-

2.9. *Kenmerken van de centrale*

De elektriciteit wordt verondersteld te worden geproduceerd in een centrale met 170 MW nuttig vermogen (183 MW geïnstalleerd vermogen).

Er werden berekeningen gemaakt voor twee benuttingsgraden :

— de graad van 7.000 h per jaar voor een basiscentrale;

— de graad van 4.500 h per jaar voor een centrale met middelmatige benutting.

Verschillende redenen pleiten in het voordeel van de beperking van het geïnstalleerde vermogen :

a) Beperking van de te ontginnen afzetting.
b) Beperking van de ingenomen oppervlakte en van de lengte van de leidingen voor het vervoer van water, gas en stoom.
c) Beperking van de koelwaterdebieten waardoor men vrijer is bij het kiezen van de winningsplaats.
d) Mogelijkheid om een hoger rendement te verkrijgen uitgaande van een gemengde kringloop : gasturbine + stoomturbine die bij dit vermogen werkt.
e) Bestaan van gasturbines van standaardformaat in het gamma van 80 MW.

In het huidige stadium van de studies blijkt het nodig te kiezen voor de gecombineerde kringloop om een voldoeninggevend rendement te verkrijgen on-

que l'utilisation d'une pression variable ; d'autre part, ce choix permet de valoriser aisément les calories récupérées sous forme de vapeur saturée dans le système de réfrigération des sondages.

Sans vouloir préjuger du schéma définitif de la centrale, il a paru nécessaire de baser l'étude économique sur un projet concret, représenté à la figure 3.

Ce schéma est similaire à celui de la centrale STEAG de Lünen ; sa caractéristique essentielle est la combinaison de la chambre de combustion de la turbine à gaz et de la chaudière à vapeur en une seule unité fonctionnant sous une pression d'air de l'ordre de 15 bars. L'épuration du gaz de gazéification pourrait également être réalisée par les méthodes de lavage utilisées à Lünen pour le traitement des gaz de gazogène. La vapeur collectée à la tête des sondages serait mélangée à celle sortant du vaporisateur, tandis qu'un économiseur-récupérateur, alimenté par l'échappement de la turbine à gaz, serait implanté à proximité de la chaudière.

Conformément aux installations à vapeur classiques, on a prévu des pompes d'extraction et d'alimentation, ainsi qu'un nombre limité de soutirages (dont un réchauffe, par mélange, l'eau de la bâche alimentaire). Une pompe séparée est destinée à alimenter le circuit de réfrigération des sondages.

danks het thermodynamisch verlies te wijten aan h gebruik van een variabele druk; anderzijds maak deze keuze het mogelijk de opgevangen calorieë gemakkelijk te valoriseren in de vorm van verzadig stoom in het koelsysteem voor de boringen.

Om het definitieve schema van de centrale nie voorbarig te willen beoordelen bleek het nodig d economische studie te baseren op een concreet pr ject dat voorgesteld is op figuur 3.

Dit schema is hetzelfde als dat van d Steag-centrale in Lünen; het voornaamste kenmerk de combinatie van de verbrandingskamer van d gasturbine met de stoomketel in één enkele eenhei die onder een luchtdruk van zowat 15 bar werkt. He vergassingsgas kan eveneens worden gezuiverd doo de in Lünen gebruikte wasmethodes voor de behan deling van de generatorgassen. De bovenaan in d boringen opgevangen stoom zal worden vermeng met die welke uit de verdamper komt, terwijl er in d nabijheid van de ketel een economiser-recuperator gevoed door de uitlaat van de gasturbine, zal worde opgesteld.

Conform de klassieke stoominstallaties werd voor zien in extractie- en voedingspompen, alsook in ee beperkt aantal aftappingen (waarvan een het wate van de voedingstank verwarmt door menging). Ee afzonderlijke pomp is bestemd om de koelomloop voor de boringen te voeden.

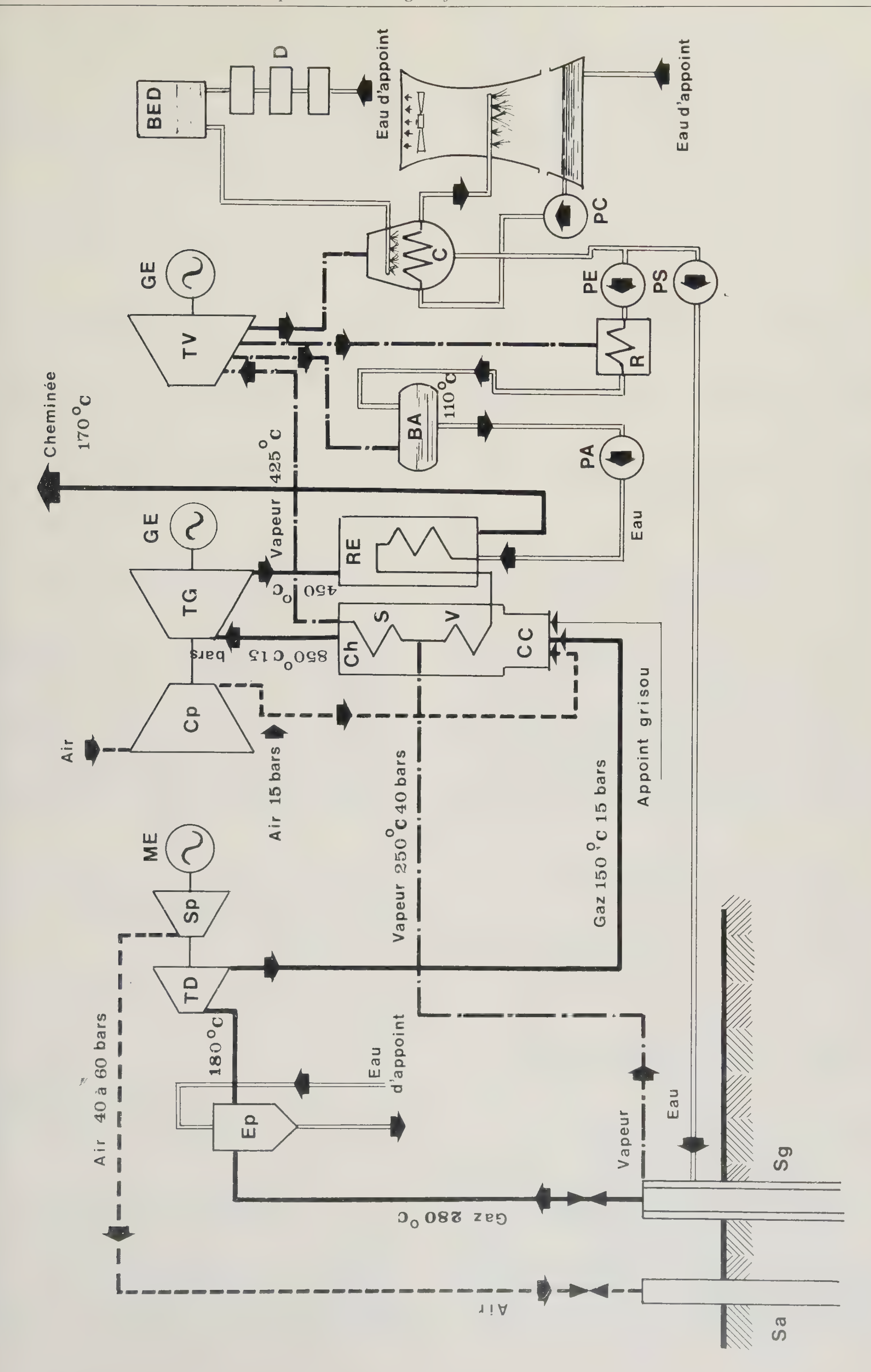
Fig. 3. — Schéma de centrale à cycle combiné TG-TV
Schema van centrale met gecombineerde kringlopen TG-TV (Gasturbine-Stoomturbine)

BED Bâche eau déminéralisée
PA Pompe alimentaire
BA Bâche alimentaire
D Inst. de déminéralisation
ME Moteur électrique
GE Générateur électrique
Cp Compresseur
CC Chambre de combustion
Sp Surpresseur
Sa Sondages alimentation air
Sg Sondages extraction gaz
Ep Epurateur
TD Turbine détente
TG Turbine à gaz
RE Récupérateur Economiseur
S Surchauffeur
Ch Chaudière
V Vaporisateur
TV Turbine à vapeur
R Réchauffeur basse pression
C Condenseur
PC Pompe de circulation
PE Pompe extraction
PS Pompe sondages

Air — *Lucht*
Gaz — *Gas*
Eau d'appoint — *Aanvullingswater*

BED Reservoir onthard water
PA Voedingspomp
BA Voedingsreservoir
D Onthardingsinstallatie
ME Elektrische motor
GE Elektrische generator
Cp Compressor
CC Verbrandingskamer
Sp Overdrukpomp
Sa Luchtvoedingsboringen
Sg Gasextractieboringen
Ep Zuiveringstoestel
TD Ontspanningsturbine
TG Gasturbine
RE Recuperator Economiser
S Oververhitter
Ch Ketel
V Verdamper
TV Stoomturbine
R Lagedrukopwarmer
C Condensor
PC Circulatiepomp
PE Extractiepomp
PS Boringenpomp

Vapeur — *Damp*
Appoint grisou — *Aanvulling mijngas*
Cheminée — *Schouw*


BED
D
Eau d'appoint
Eau d'appoint
PC
GE
TV
C
PE
PS
R
Cheminée
170 °C
BA
110 °C
PA
Vapeur 425 °C
GE
RE
Eau
TG
450 °C
Ch
S
V
CC
850 °C 15 bars
Cp
Air
Air 15 bars
Appoint grisou
ME
Sp
Vapeur 250 °C 40 bars
Gaz 150 °C 15 bars
TD
180 °C
Air 40 à 60 bars
Eau d'appoint
Ep
Vapeur
Eau
Gaz 280 °C
Air
Sg
Sa

Des calculs d'avant-projet indiquent comme ordre de grandeur, pour une puissance totale brute de 183 MW : 80 MW à la turbine à gaz, 103 MW à la turbine à vapeur et 160 Gcal/h au condenseur. Deux cellules aéroréfrigérantes à tirage forcé suffiraient à évacuer ces calories ; l'appoint d'eau rendrait nécessaire la proximité d'un canal ou d'un ruisseau à débit suffisant.

2.10. *Prix, intérêts et amortissements*

Tous les prix unitaires mentionnés dans l'étude ont été rapportés aux indices de prix du mois d'août 1975.

Sur cette base, la valeur des investissements de la centrale a été estimée à *11.000 FB par kW installé,* y compris les frais indirects.

Les calculs d'amortissement ont été basés sur un taux d'*intérêt de 9 % l'an* et sur une *durée d'utilisation de 20 ans,* pour la centrale.

2.11. *Rendement de conversion de la chaleur en électricité*

Le rendement brut de la centrale à cycle combiné gaz-vapeur, a été estimé à 38 %.

Compte tenu de l'énergie consommée pour assurer la circulation de l'air et du gaz dans le parcours souterrain, le rendement net en électricité, fournie au réseau de distribution, est ramené à 36 % de la quantité d'énergie thermique disponible à l'entrée de la centrale.

En se basant sur les coefficients d'utilisation et de pertes admis au § 3, la quantité d'électricité livrée au réseau correspond à :

$$36 \times \frac{63}{65} = 34,9 \text{ \% de l'énergie extraite}$$

ou encore :

$$36 \times \frac{63}{100} = 22,7 \text{ \% du potentiel du gisement.}$$

2.12. *Paramètres variables*

Trois facteurs exercent une influence prépondérante sur le prix de revient du gaz produit. On a admis que ces facteurs étaient susceptibles de varier dans les limites suivantes :

Voorontwerpberekeningen geven voor een totaal brutovermogen van 183 MW als grootte-orde aan 80 MW in de gasturbine, 103 MW in de stoomturbine en 160 Gcal/h in de condensor. Twee luchtkoelcellen met kunstmatige trek zouden volstaan om deze calorieën te verwijderen; voor de wateraanvulling zou de nabijheid van een kanaal of van een stroom met voldoende debiet vereist zijn.

2.10 *Prijzen, interesten en afschrijvingen*

Alle in de studie vermelde eenheidsprijzen werden uitgedrukt op basis van de prijsindex van de maand augustus 1975.

Op grond daarvan werd de waarde van de investeringen voor de centrale geraamd op *11.000 BF per geïnstalleerd kW,* met inbegrip van de indirecte kosten.

De afschrijvingsberekeningen waren gebaseerd op een *interestvoet van 9 % per jaar* en op een *benuttingsduur van 20 jaar,* voor de centrale.

2.11. *Omzettingsrendement van warmte in elektriciteit*

Het brutorendement van de centrale met gecombineerde gas-stoom cyclus werd op 38 % geraamd.

Rekening houdend met de verbruikte energie voor de lucht- en gascirculatie in de ondergrondse omloop is het netto-rendement aan elektriciteit, geleverd aan het bedelingsnet, teruggebracht op 36 % van de hoeveelheid thermische energie die beschikbaar is aan de ingang van de centrale.

Zich steunend op de in § 3 aangenomen benuttings- en verliescoëfficiënten stemt de hoeveelheid aan het net geleverde energie overeen met :

$$36 \times \frac{63}{65} = 34,9 \text{ \% van de gewonnen energie}$$

of nog :

$$36 \times \frac{63}{100} = 22,7 \text{ \% van het afzettingspotentieel}$$

2.12. *Veranderlijke parameters*

Drie factoren hebben doorslaggevende invloed op de kostprijs van het geproduceerde gas. Er werd aangenomen dat deze factoren konden veranderen binnen de volgende grenzen :

Profondeur des sondages de gazéification :
de 1.000 à 1.500 m
Surface de la zone gazéifiée par sondage :
de 1.000 à 10.000 m²
Puissance cumulée des couches exploitées à partir des mêmes sondages :
de 2 à 8 m.

En ce qui concerne le volume de charbon gazéifié r sondage, l'étude se limite à une gamme comprise :re 5.000 et 30.000 m³.

3. *PROGRAMME D'EXPLOITATION*

3.1. *Consommation annuelle de la centrale*

Pour l'évaluation du volume de houille à exploiter r gazéification souterraine pour l'alimentation de la ntrale, on a admis que les laies de charbon qui nposent le gisement ont un poids spécifique oyen de *1.400 kg par m³* et qu'elles sont constiées de 80 % de charbon pur d'un P.C.S. de 8.800 al/kg et de 20 % de matières minérales inertes, ce i conduit à un pouvoir calorifique supérieur moyen *7.040 kcal/kg.*

Compte tenu de ces valeurs et des rendements finis au chapitre 2, l'énergie thermique et le vone de gisement consommés annuellement par la ntrale peuvent être évalués comme indiqué au taau V.

a) Diepte van de vergassingsboringen :
van 1.000 tot 1.500 m
b) Oppervlakte van de per boring vergaste zone :
van 1.000 tot 10.000 m²
c) Gecumuleerd vermogen van de lagen ontgonnen vanaf dezelfde boringen :
van 2 tot 8 m.

Wat het volume vergaste steenkool per boring betreft, is de studie begrensd tot een gamma tussen 5.000 en 30.000 m³.

3. *ONTGINNINGSPROGRAMMA*

3.1. *Jaarlijks verbruik van de centrale*

Voor de raming van het volume door ondergrondse vergassing te ontginnen steenkool voor de voeding van de centrale, werd aangenomen dat de steenkoolbeddingen, welke de afzetting vormen, een gemiddeld soortelijk gewicht van *1.400 kg per m³* hebben en dat zij bestaan uit 80 % zuivere steenkool met een bovenste stookwaarde van 8.800 kcal/kg en 20 % inerte minerale stoffen, wat leidt tot een gemiddelde bovenste stookwaarde van *7.040 kcal/kg.*

Rekening houdend met deze waarden en met de in hoofdstuk 2 bepaalde rendementen, kunnen de jaarlijks door de centrale verbruikte thermische energie en het afzettingsvolume worden geraamd zoals aangegeven in tabel V.

Tableau V. — Production et consommation annuelle de la centrale
Tabel V. — Jaarlijkse produktie en verbruik van de centrale

aux d'utilisation de la centrale	7.000 h	4.500 h	*Benuttingsgraad van de centrale*
nergie électrique distribuée (10^6 kWh)	1.190	765	*Bedeelde elektrische energie (10^6 kWh)*
quivalent calorifique (Gcal)	1.023.400	657.900	*Warmte-equivalent (Gcal)*
nergie à extraire du gisement sur base d'un rendement de 34,9 % (Gcal)	2.932.400	1.885.100	*In de afzetting te winnen energie op basis van een rendement van 34,9 % (Gcal)*
otentiel du gisement à exploiter sur base d'un rendement global de 22,7 % (Gcal)	4.508.400	2.898.200	*Te ontginnen afzettingspotentieel op basis van een globaal rendement van 22,7 % (Gcal)*
oids du charbon correspondant (t)	640.400	411.680	*Gewicht v/d overeenstemmende steenkool (t)*
olume de houille à exploiter (m³)	457.400	294.100	*Te ontginnen steenkoolvolume (m³)*

3.2. *Superficie du site à prévoir pour l'alimentation de la centrale*

La surface de gisement nécessaire pour assurer l'alimentation de la centrale pendant une durée de 20 ans est précisée au tableau VI.

3.2. *Te bepalen winningsplaatsoppervlakte voor de voeding van de centrale*

De tijdens 20 jaar, voor de voeding van de centr benodigde afzettingsoppervlakte is aangegeven tabel VI.

Tableau VI. — Superficie du gisement à exploiter
Tabel VI. — Oppervlakte van de te ontginnen afzetting

Taux d'utilisation de la centrale	7.000 h	4.500 h	*Benuttingsgraad van de centrale*
	(10^6 m^3)	(10^6 m^3)	
Volume de charbon à exploiter	9,15	5,88	*Te ontginnen steenkoolvolume*
Surface du gisement à exploiter	(km^2)	(km^2)	*Te ontginnen afzettingsoppervlakte*
— pour une puissance globale de 2 m	4,58	2,94	*— voor een globale dikte van 2 m*
— pour une puissance globale de 4 m	2,29	1,47	*— voor een globale dikte van 4 m*
— pour une puissance globale de 6 m	1,53	0,98	*— voor een globale dikte van 6 m*
— pour une puissance globale de 8 m	1,14	0,74	*— voor een globale dikte van 8 m*

3.3. *Valeur limite des affaissements de terrains résultant de l'exploitation*

La figure 4 donne une évaluation de l'affaissement maximum résultant de l'exploitation d'une couche d'un mètre de puissance, suivant que l'exploitation est réalisée par gazéification souterraine ou par exploitation classique sans remblayage.

A partir de ces données, la valeur limite des affaissements de terrain à prévoir peut être précisée comme indiqué au tableau VII.

3.3. *Grenswaarde van de gesteenteverzakkingen ten gevolge van de ontginning*

Figuur 4 geeft een raming van de maximu verzakking ten gevolge van de ontginning van e één meter dikke laag, naargelang de ontginning beurde door ondergrondse vergassing of door kl sieke ontginning zonder opvulling.

Uitgaande van deze gegevens kan de grenswaa van de te verwachten gesteenteverzakkingen wor bepaald zoals aangegeven in tabel VII.

Tableau VII. — Valeur limite des affaissements de terrains

Puissance cumulée des couches	Affaissement maximum		
	Gazéification souterraine	Exploitation classique — Couches homogènes	Exploitation classique — Couches hétérogènes
(m)	(m)	(m)	(m)
2	1,33	2	2,67
4	2,67	4	5,33
6	4,00	6	8,00
8	5,33	8	10,67

Tabel VII. — Grenswaarde van de gesteenteverzakkingen

Gecumuleerde dikte van de lagen	*Maximale verzakking*		
	Ondergrondse vergassing	*Klassieke ontginning — Homogene lagen*	*Klassieke ontginning — Heteroge lagen*
(m)	(m)	(m)	(m)
2	1,33	2	2,67
4	2,67	4	5,33
6	4,00	6	8,00
8	5,33	8	10,67

Ces chiffres montrent avec évidence que les affais-ments prévisibles à la suite d'une exploitation par zéification souterraine sont d'un ordre de grandeur 30 à 50 % plus faible que ceux que l'on peut endre d'une exploitation classique avec udroyage du toit, et qu'ils ne devraient pas être très férents des valeurs observées dans les exploita-ns classiques dans lesquelles on effectue un rem-ayage de qualité courante.

Deze cijfers tonen duidelijk aan dat de te verwachten verzakkingen naar aanleiding van een ontginning door ondergrondse vergassing 30 tot 50 % kleiner zijn dan die welke te verwachten zijn bij een klassieke ontginning met dakbreukbouw, en dat ze niet zouden verschillen van de waargenomen waarden in de klassieke ontginningen waar een vulling van gewone kwaliteit wordt aangebracht.

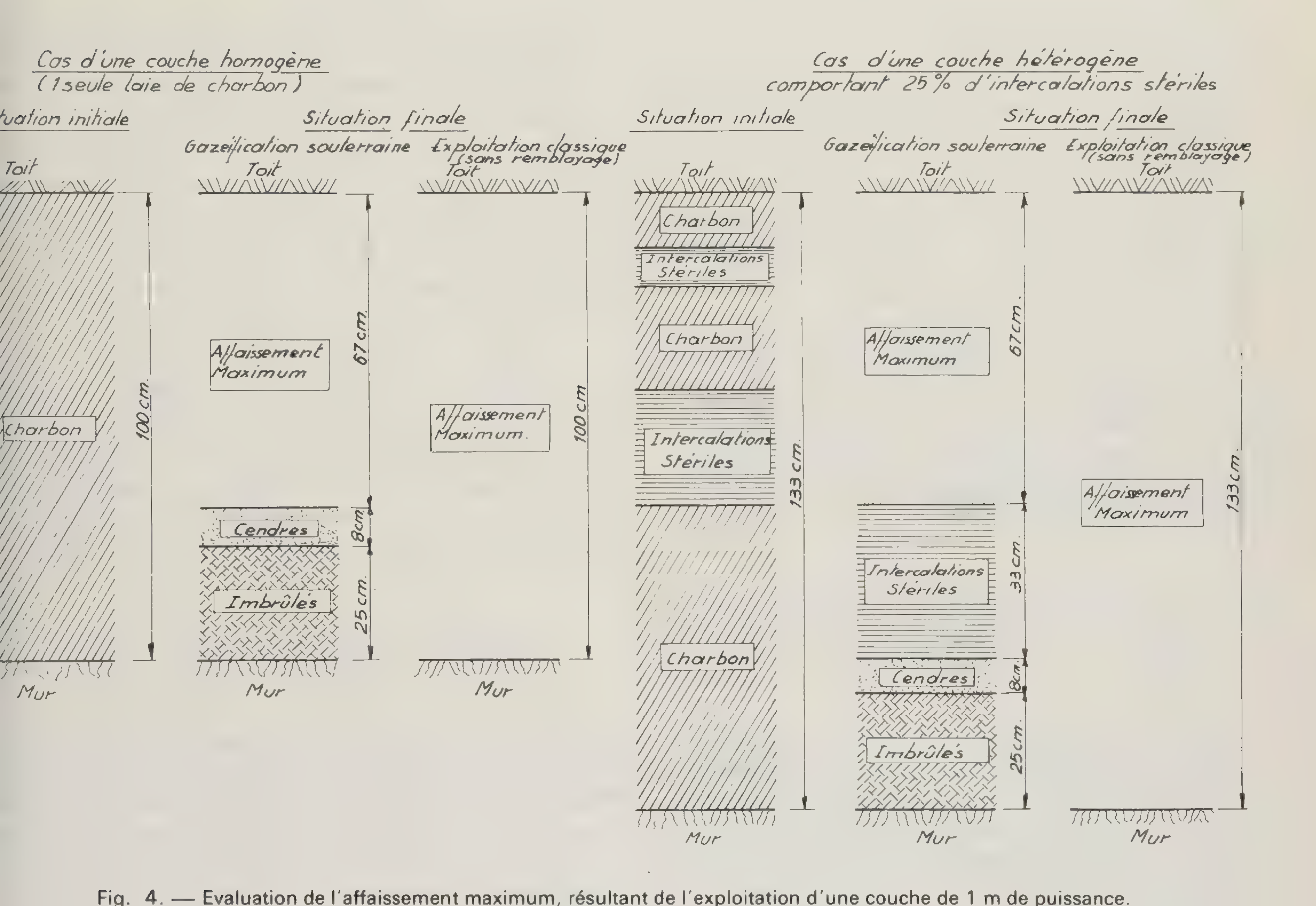


Fig. 4. — Evaluation de l'affaissement maximum, résultant de l'exploitation d'une couche de 1 m de puissance.
Raming van de maximumverzakking ten gevolge van de ontginning van een 1 m dikke laag.

s d'une couche homogène (1 seule laie de charbon) — *Geval van een homogene laag (1 enkele steenkoolbedding)*
s d'une couche hétérogène comportant 25 % d'intercalations stériles — *Geval van een heterogene laag met 25 % steenmiddelen*
uation initiale — *Oorspronkelijke toestand*
uation finale — *Eindtoestand*
zéification souterraine — *Ondergrondse vergassing*
ploitation classique (sans remblayage) — *Klassieke ontginning (zonder opvulling)*
it — *Dak*
arbon — *Steenkool*
ır — *Vloer*
faissement maximum — *Maximumverzakking*
ndres — *As*
brûlés — *Onverbrande steenkool*

3.4. *Evaluation du nombre de sondages*

3.4.1. *Nombre de sondages en exploitation*

Compte tenu des rendements définis au chapitre 2.10, la quantité d'énergie à extraire pour assurer la production de 1 kWh, a pour valeur :

$$860 \times \frac{1}{0{,}349} = 2.465 \text{ kcal.}$$

Le débit calorifique maximum d'un sondage à gaz étant de 12,48 Gcal/h (réf. chap. 2.6.), le nombre minimum de sondages à gaz nécessaires pour assurer l'alimentation de la centrale lorsqu'elle fonctionne à son régime nominal de 170 MW peut se déduire de l'équation :

Energie extraite pour une heure de fonctionnement =

$N_o \times 12.480.000$ kcal $= 170.000 \times 2.465$ kcal

ce qui conduit à une valeur minimum :

$N_o = 34$ sondages.

L'exploitation par gazéification souterraine impliquant la réalisation d'un circuit comportant une entrée d'air et une sortie de gaz, N_o représente également le nombre minimum de sondages d'entrée d'air à réaliser comme travail préparatoire avant toute mise en exploitation du gisement.

3.4.2. *Nombre de sondages à foncer annuellement pour assurer le développement de l'exploitation*

Lorsque l'exploitation se développe à son régime normal, le volume de charbon, qui peut être gazéifié à partir du fonçage de chaque nouveau sondage, est le produit de la puissance cumulée des couches par la surface moyenne gazéifiée à partir d'un sondage (tableau VIII).

3.4. *Raming van het aantal boringen*

3.4.1. *Aantal in ontginning zijnde boringen*

Rekening houdend met de in hoofdstuk 2.10 bepaalde rendementen heeft de hoeveelheid te winnen energie voor de produktie van 1 kWh als waarde :

$$860 \times \frac{1}{0{,}349} = 2.465 \text{ kcal.}$$

Daar het maximaal warmtedebiet van een gasboring 12,48 Gcal/h bedraagt (ref. hoofdstuk 2.6), kan het minimumaantal gasboringen dat nodig is voor de voeding van de centrale, wanneer deze bij een nominaal bedrijf van 170 MW werkt, worden afgeleid uit de vergelijking :

Gewonnen energie na een uur werking =

$N_o \times 12.480.000$ kcal $= 170.000 \times 2.465$ kcal

wat leidt tot een minimumwaarde :

$N_o = 34$ boringen

Aangezien de ontginning door ondergrondse vergassing de uitvoering impliceert van een omloop met een lucht- en een gasuitlaat, geeft N_o eveneens het minimumaantal intrekkende boringen aan die vóór elke ontginning van de afzetting als voorbereidend werk moeten worden tot stand gebracht.

3.4.2. *Aantal jaarlijks te delven boringen voor de ontwikkeling van de ontginning*

Wanneer de ontginning in normaal bedrijf verloopt, is het steenkoolvolume dat na het delven van elke nieuwe boring kan worden vergast het produkt van de gecumuleerde dikte van de lagen met de gemiddelde, vanaf een boring vergaste oppervlakte (tabel VIII).

Tableau VIII. — Volume gazéifié par sondage
Tabel VIII. — Vergast volume per boring

Puissance cumulée des couches (m)	Volume gazéifié par sondage (m^3) *Vergast volume per boring (m^3)*					*Gecumuleerde dikte van de lagen (m)*
2		6.000	10.000	14.000	20.000	2
4		12.000	20.000	28.000		4
6	6.000	18.000	30.000			6
8	8.000	24.000				8
Surface de la zone gazéifiée par sondage (m^2)	1.000	3.000	5.000	7.000	10.000	*Oppervlakte van de vergaste zone per boring (m^2)*

Compte tenu de ces valeurs et du volume de houille à exploiter pour assurer l'alimentation de la centrale, le nombre minimum de sondages à foncer annuellement s'établit comme indiqué au tableau IX.

Rekening houdend met deze waarden en met het te ontginnen steenkoolvolume voor de voeding van de centrale, neemt het jaarlijks te delven minimumaantal boringen de volgende waarden aan (tabel IX).

Tableau IX. — Nombre de sondages à foncer annuellement

Tabel IX. — Aantal jaarlijkse te delven boringen

1. Pour un taux d'utilisation de la centrale de 7.000 h par an (Vol. à exploiter : 457.400 m^3)

1. *Voor een benuttingsgraad van de centrale van 7.000 h per jaar (Te ontginnen vol. : 457.400 m^3)*

Puissance cumulée des couches (m)	Nombre de sondages à foncer chaque année (N_1) *Aantal jaarlijks te delven boringen (N_1)*					*Gecumuleerde dikte van de lagen (m)*
2		76,2	45,7	32,7	22,9	2
4		38,1	22,9	16,3		4
6	76,2	25,4	15,2			6
8	57,2	19,1				8
Surface de la zone gazéifiée par sondage (m^2)	1.000	3.000	5.000	7.000	10.000	*Oppervlakte van de vergaste zone per boring (m^2)*

2. Pour un taux d'utilisation de la centrale de 4.500 h par an (Vol. à exploiter : 294.100 m^3)

2. *Voor een benuttingsgraad van de centrale van 4.500 h per jaar (Te ontginnen vol. : 294.100 m^3)*

Puissance cumulée des couches (m)	Nombre de sondages à foncer chaque année (N_1) *Aantal jaarlijks te deven boringen (N_1)*					*Gecumuleerde dikte van de lagen (m)*
2		49,0	29,4	21,0	14,7	2
4		24,5	14,7	10,5		4
6	49,0	16,3	9,8			6
8	36,8	12,2				8
Surface de la zone gazéifiée par sondage (m^2)	1.000	3.000	5.000	7.000	10.000	*Oppervlakte van de vergaste zone per boring (m^2)*

3.4.3. *Nombre minimum de sondages à foncer pour assurer l'alimentation de la centrale pendant ses 20 années d'existence*

Ce nombre minimum a pour expression :

$$N = N_0 + 20\ N_1$$

en désignant par N_0 le nombre de sondages à réaliser comme travail préparatoire avant la mise en exploitation du gisement et par N_1 le nombre de sondages à foncer annuellement pour assurer le développement de l'exploitation.

Les valeurs numériques de N sont indiquées au tableau X.

3.4.3. *Minimumaantal te delven boringen voor voeding van de centrale tijdens de 20 jaren v haar bestaan*

Dit minimumaantal wordt uitgedrukt door :

$$N = N_0 + 20\ N_1$$

waarbij N_0 het aantal boringen aangeeft dat als vo bereidend werk, vóór de ontginning van de afzetti moet worden uitgevoerd en N_1 het aantal jaarlijks delven boringen voor de ontwikkeling van de ontg ning.

De numerieke waarden van N zijn aangegeven tabel X.

Tableau X. — Nombre de sondages à foncer en 20 ans

Tabel X. — Aantal in 20 jaar te delven boringen

1. Pour un taux d'utilisation de la centrale de 7.000 h par an

1. Voor een benuttingsgraad van de centrale van 7.000 h per jaar

Puissance cumulée des couches (m)	Nombre de sondages à foncer en 20 ans (N) *Aantal in 20 jaar te delven boringen (N)*					*Gecumuleerde dikte van de lagen (m)*
2		1.558	948	688	492	2
4		796	492	360		4
6	1.558	542	338			6
8	1.178	416				8
Surface de la zone gazéifiée par sondage (m²)	1.000	3.000	5.000	7.000	10.000	*Oppervlakte van de ve gaste zone per boring (m*

2. Pour un taux d'utilisation de la centrale de 4.500 h par an

2. Voor een benuttingsgraad van de centrale van 4.500 h per jaar

Puissance cumulée des couches (m)	Nombre de sondages à foncer en 20 ans (N) *Aantal in 20 jaar te delven boringen (N)*					*Gecumuleerde dikte van de lagen (m)*
2		1.014	622	454	328	2
4		524	328	244		4
6	1.014	360	230			6
8	770	278				8
Surface de la zone gazéifiée par sondage (m²)	1.000	3.000	5.000	7.000	10.000	*Oppervlakte van de ve gaste zone per boring (m*

4.4. *Volume moyen gazéifié par sondage*

Si l'on tient compte du nombre total de sondages à ncer pour assurer l'exploitation du gisement pennt les 20 années d'existence de la centrale, le vone moyen de gisement gazéifié par chaque songe s'établit aux valeurs données au tableau XI. Ce nt ces dernières valeurs qu'il convient d'utiliser ur l'interprétation des prix de revient dont il sera estion aux chapitres 4 et 5.

3.4.4. *Gemiddeld vergast volume per boring*

Indien rekening wordt gehouden met het totaal aantal te delven boringen voor de ontginning van de afzetting tijdens de 20 jaren van het centralebestaan, stemt het gemiddeld vergast volume voor elke boring overeen met de volgende waarden (tabel XI). Deze waarden moeten worden gebruikt voor de interpretatie van de kostprijzen waarvan sprake zal zijn in de hoofdstukken 4 en 5.

Tableau XI. — Volume moyen gazéifié par sondage
(compte tenu de la première ligne de 34 sondages)
Tabel XI. — Gemiddeld vergast volume per boring
(rekening houdend met de eerste lijn van 34 boringen)

Pour un taux d'utilisation de 7.000 h par an
Voor een benuttingsgraad van 7.000 h per jaar

Puissance cumulée des couches (m)	Volume moyen gazéifié par sondage (m^3) *Gemiddeld vergast volume per boring (m^3)*					*Gecumuleerde dikte van de lagen (m)*
2		5.868	9.642	13.295	18.618	2
4		11.479	18.618	25.304		4
6	5.868	16.869	26.941			6
8	7.769	22.019				8
Surface de la zone gazéifiée par sondage (m^2)	1.000	3.000	5.000	7.000	10.000	*Oppervlakte van de vergaste zone per boring (m^2)*

Pour un taux d'utilisation de 4.500 h par an
Voor een benuttingsgraad van 4.500 h per jaar

Puissance cumulée des couches (m)	Volume moyen gazéifié par sondage (m^3) *Gemiddeld vergast volume per boring (m^3)*					*Gecumuleerde dikte van de lagen (m)*
2		5.796	9.455	12.939	17.933	2
4		11.217	17.933	24.082		4
6	5.796	16.298	25.541			6
8	7.642	21.071				8
Surface de la zone gazéifiée par sondage (m^2)	1.000	3.000	5.000	7.000	10.000	*Oppervlakte van de vergaste zone per boring (m^2)*

3.5. *Plan d'exploitation*

Les plans d'exploitation peuvent varier en fonction des circonstances locales de disposition du gisement et d'occupation de la surface.

La figure 5 donne, à titre d'exemple, les dispositions qui pourraient être adoptées pour l'exploitation d'un gisement homogène d'assez grand développement.

Dans le cas de la *variante 1* (alternance d'un sondage à gaz et d'un sondage à air), on a admis que les sondages étaient répartis aux sommets d'un réseau à mailles carrées de 75 m de côté et que la gazéification progressait suivant quatre fronts de 600 m de longueur, déterminés par quatre alignements de 9 sondages.

Dans le cas de la *variante 2* (alternance d'un sondage à gaz et de deux sondages à air), on a admis que les sondages étaient répartis aux sommets d'un réseau à mailles triangulaires de 80 m de côté et que la gazéification progressait suivant quatre fronts de 1.040 m de longueur, déterminés par quatre alignements de 13 sondages.

Dans les deux cas, un stot de protection de 1.000 m a été réservé autour de la centrale.

4. *COUT DE L'ENERGIE THERMIQUE*

4.1. *Expression générale du coût de l'énergie thermique « extraite »*

L'analyse des facteurs qui influencent le coût de l'énergie thermique conduit à regrouper les éléments du prix de revient en une somme de 3 termes :

$$P = (S + R) + (T) + (C + MO)$$

avec les notations :

P	:	coût de l'énergie extraite (FB/Gcal)
S + R	:	intervention du coût des sondages et de leurs dispositifs de refroidissement
T	:	intervention de l'intérêt du capital immobilisé pour l'acquisition du terrain
C + MO	:	intervention du coût des canalisations reliant la centrale aux sondages et du coût de la main-d'œuvre nécessaire pour le déplacement et l'entretien des installations de chantiers.

3.5. *Exploitatieplan*

De exploitatieplannen kunnen variëren naar ge van de plaatselijke omstandigheden van de a tingsgesteldheid en de oppervlaktebezetting.

Figuur 5 geeft bij wijze van voorbeeld de schil gen aan die zouden kunnen worden aangeno voor de exploitatie van een homogene afzetting vrijwel grote ontwikkeling.

In het geval van *variante 1* (afwisseling van gasboring en een luchtboring) werd aangenomen de boringen verdeeld waren over de toppen van net met vierkante mazen van 75 m zijde, en da vergassing vorderde volgens vier fronten van 6C lengte, bepaald door vier lijnen van 9 boringen.

In het geval van *variante 2* (afwisseling van gasboring en twee luchtboringen) werd aangeno dat de boringen verdeeld waren over de toppen een net met driehoekige mazen van 80 m zijde en de vergassing vorderde volgens vier fronten 1.040 m lengte bepaald door vier lijnen van 13 ringen.

In beide gevallen werd een beveiligingsmassief 1.000 m rond de centrale vrijgehouden.

4. *KOSTPRIJS VAN DE THERMISCHE ENERGIE*

4.1. *Algemene uitdrukking van de kostp van de « gewonnen » thermische energ*

De analyse van de factoren welke de kostprijs de thermische energie beïnvloeden leidt tot de groepering van de kostprijselementen in een som 3 termen :

$$P = (S + R) + (T) + (C + MO)$$

met de aanduidingen :

P	:	kostprijs van de gewonnen ene (BF/Gcal)
S + R	:	kostprijs van de boringen en van koelers
T	:	interest van het vast kapitaal voor aankoop van het terrein
C + MO	:	kostprijs van de leidingen welke centrale verbinden met de boringen van de kostprijs van de benodi arbeidskrachten voor de verplaatsing het onderhoud van de werkinstallatie

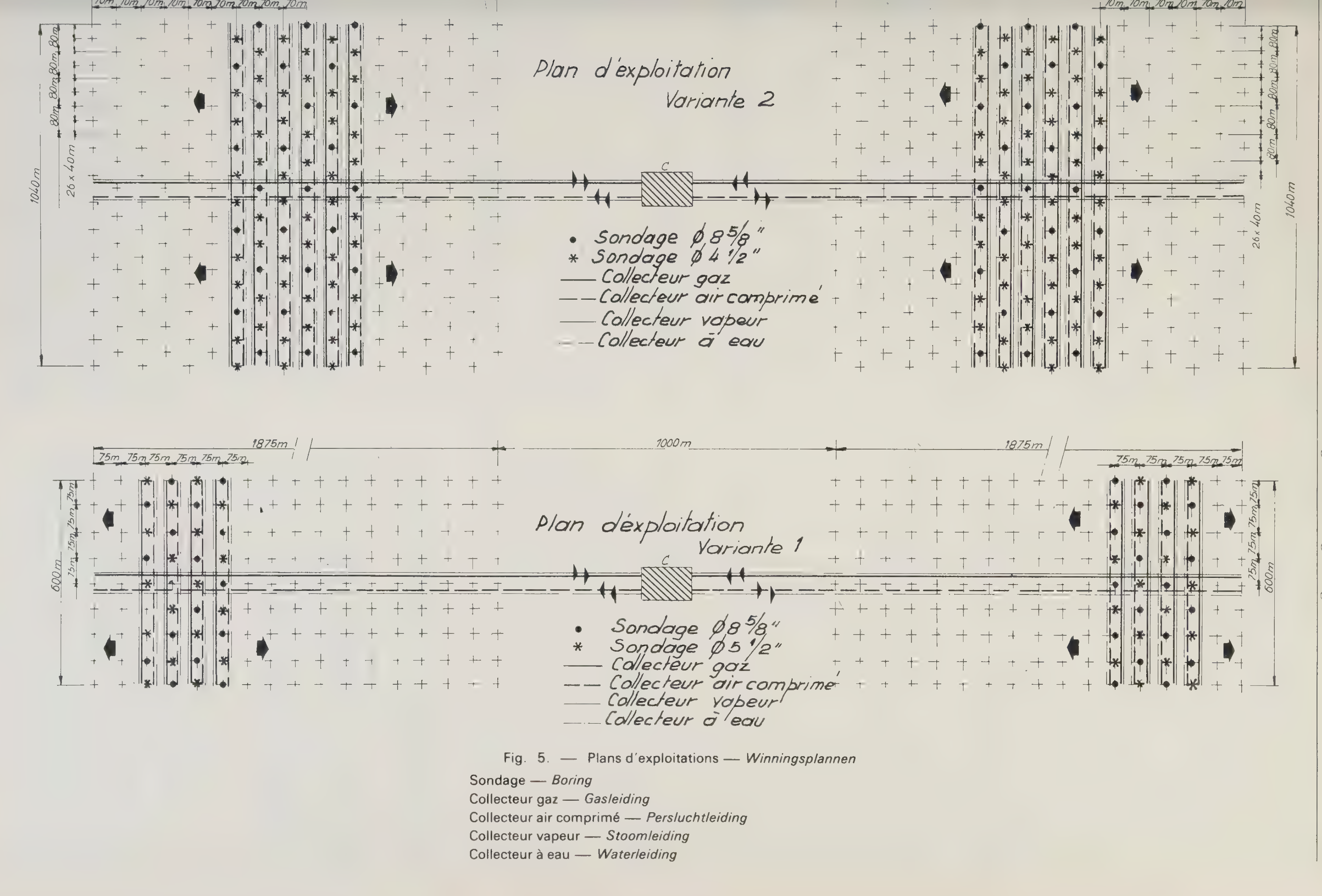


Fig. 5. — Plans d'exploitations — *Winningsplannen*

Sondage — *Boring*
Collecteur gaz — *Gasleiding*
Collecteur air comprimé — *Persluchtleiding*
Collecteur vapeur — *Stoomleiding*
Collecteur à eau — *Waterleiding*

4.2. Sondages et dispositifs de refroidissement

Le premier terme du prix de revient peut s'exprimer par le rapport :

$$(S + R) = \frac{\text{Prix moyen d'un sondage *}}{\text{Energie thermique extraite par sondage}}$$

* y compris intervention du dispositif de refroidissement.

La valeur du numérateur dépend du gisement (Campine ou Bassin Sud), de la profondeur, du diamètre et de la répartition des sondages (variantes 1 et 2).

La valeur du dénominateur dépend du volume moyen de charbon gazéifié à partir de chaque sondage, paramètre variable, dont la valeur réelle ne pourra être déterminée que par l'expérience.

4.2.1. *Coût moyen d'un sondage*

Le coût d'un sondage à tubage simple, déduit de l'étude du Professeur Brych, est donné au chapitre 2.7.

Pour l'étude de la *variante 1,* on a adopté comme coût moyen la moyenne des prix obtenus pour les forages à 8 5/8'' et à 5 1/2''.

Pour la *variante 2,* on a adopté la moyenne du prix d'un forage à 8 5/8'' et de deux forages à 4 1/2''.

Dans les deux cas, les valeurs obtenues ont été majorées de 15 % pour tenir compte des aléas d'ordres technique et/ou géologique qui peuvent entraîner l'abandon d'un sondage ou réduire sa productivité.

Si un même sondage est utilisé pour l'exploitation successive de plusieurs couches, une majoration des dépenses devrait être prévue pour tenir compte des adaptations nécessaires (obstruction du fond du sondage et perforation du tubage à hauteur des couches à exploiter). A défaut d'éléments d'appréciation suffisants, ces majorations de dépenses n'ont pas été reprises dans les calculs et il y a lieu d'en tenir compte dans l'interprétation des résultats.

4.2.2. *Coût du dispositif de refroidissement*

Le coût de l'équipement destiné au refroidissement des sondages et à la récupération de la chaleur sensible des gaz a été estimé à *1.700 francs par mètre courant,* et on a admis que le prix de cet équipement amovible pouvait être amorti sur deux périodes d'utilisation.

4.2. Boringen en koelers

De eerste term van de kostprijs kan worden u gedrukt door de verhouding :

$$(S+R) = \frac{\text{Gemiddelde prijs van een boring *}}{\text{Gewonnen thermische energie per bor}}$$

* met inbegrip van de koelerbijdrage.

De waarde van de teller is afhankelijk van de afz ting (Kempen of Zuiderbekken), de diepte, de diam ter en de verdeling van de boringen (varianten 1 2).

De waarde van de noemer is afhankelijk van h vanaf elke boring gemiddelde volume verga steenkool. Dit is een variabele parameter waarvan werkelijke waarde slechts bij proefneming kan w den vastgesteld.

4.2.1. *Gemiddelde kostprijs van een boring*

De kostprijs van een boring met enkele verbuizin afgeleid uit de studie van Professor Brych, wordt hoofdstuk 2.7. gegeven.

Voor de studie van *variante 1* werd het gemiddel van de prijzen voor de boringen met 8 5/8'' en 1/2'' als gemiddelde genomen voor de kostprijs.

Voor *variante 2* nam men het gemiddelde van prijs van een boring met 8 5/8'' en van twee bor gen met 4 1/2''.

In beide gevallen werden de verkregen waard verhoogd met 15 % om rekening te houden met technische en/of geologische risico's waardoor e boring moet worden prijsgegeven of de produktivit ervan beperkt.

Indien eenzelfde boring aangewend wordt voor opeenvolgende exploitatie van meerdere lagen, z len de uitgaven moeten worden verhoogd om rek ning te houden met de nodige aanpassingen (v stopping van de boringbodem en doorboring van verbuizing ter hoogte van de te ontginnen lagen). gebrek aan voldoende beoordelingselementen w den deze uitgaveverhogingen niet opgenomen in berekeningen en er moet dus rekening mee word gehouden bij de interpretatie van de resultaten.

4.2.2. *Koelerkostprijs*

De kostprijs van de uitrusting bestemd voor koeling van de boringen en de recuperatie van gevoelige warmte van de gassen werd geraamd *1.700 frank per strekkende meter,* en men nam a dat de prijs van deze verplaatsbare uitrusting ov twee benuttingsperiodes kan worden afgeschreven

ši l'on observe qu'un sondage sur deux est équipé ın dispositif de refroidissement dans le cas de la iante 1, et un sondage sur trois dans le cas de la iante 2, l'incidence du coût des dispositifs de roidissement conduit à majorer le coût moyen des ıdages de :

425 francs par mètre dans le cas de la variante 1
de
283 francs par mètre dans le cas de la variante 2.

2.3. *Energie thermique extraite*

Pour l'évaluation de l'énergie thermique extraite r sondage, le potentiel thermique d'un mètre cube charbon à 20 % de stériles, gazéifié « in situ » a é calculé comme suit :

300 kcal/kg × 0,80 × 1.400 kg/m³ = 350.000 kcal/m³ soit, en chiffres ronds :) *Gcal/m³.*

A partir de ce chiffre et des valeurs de rendement liquées au chapitre 2.3., l'énergie thermique exite par m³ de charbon gazéifié « in situ » (chaleur tentielle et chaleur sensible du gaz) peut être estiée à *6,5 Gcal/m³.*

2.4. *Evaluation du terme proportionnel au coût des sondages*

Sur la base de ces données, le prix moyen d'un ndage, majoré de l'intervention du dispositif de roidissement, s'établit aux valeurs données au taau XII.

On en déduit, pour valeur du premier terme du prix revient de la gigacalorie extraite, les valeurs dé-llées au tableau XIII.

4.3. *Intérêts pour occupation du terrain*

L'achat du terrain représente une immobilisation 300.000 francs par hectare, dont il faut payer ıtérêt pendant 20 ans.

L'intervention de cette dépense dans le coût de nergie extraite peut s'exprimer par la relation :

$$= \frac{\text{Prix du terrain x taux d'amortissement}}{\text{Energie thermique extraite annuellement}}$$

La valeur du numérateur dépend de la surface imobilisée qui est elle-même proportionnelle au taux ıtilisation de la centrale et fonction de la puissance mulée des couches.

La valeur du dénominateur est directement prortionnelle au taux d'utilisation de la centrale.

Wanneer één boring op twee voorzien is van een koeler in het geval van variante 1, en één boring op drie in het geval van variante 2, leidt de weerslag van de koelerkostprijs tot de verhoging van de gemiddelde boringkostprijs met :

425 frank per meter in het geval van variante 1
en met
283 frank per meter in het geval van variante 2.

4.2.3. *Gewonnen thermische energie*

Voor de raming van de gewonnen thermische energie per boring werd het thermisch potentieel van een kubieke meter steenkool met 20 % afvalstenen, vergast « in situ », als volgt berekend :

8.800 kcal/kg × 0,80 × 1.400 kg/m³ = 9.850.000 kcal/m³ of afgerond : *10 Gcal/m³.*

Uitgaande van dit cijfer en van de in hoofdstuk 2.3. aangegeven rendementswaarden, kan de gewonnen thermische energie per m³ « in situ » vergaste steenkool (potentiële warmte en gevoelige warmte van het gas) op 6,5 Gcal/m³ worden geraamd.

4.2.4. *Raming van de term evenredig met de boringkostprijs*

Op grond van deze gegevens stemt de gemiddelde prijs van een boring, verhoogd met de bijdrage van de koeler, overeen met de volgende waarden (tabel XII).

Hieruit leidt men als eerste term van de kostprijs van de gewonnen gigacalorie de waarden af voorkomende in tabel XIII.

4.3. *Interesten voor de inbeslagneming van het terrein*

De aankoop van de grond betekent een immobilisatie van 300.000 frank per hectare, waarvoor tijdens 20 jaar interest moet worden betaald.

De deelname van deze uitgave in de gewonnenenergiekostprijs kan worden uitgedrukt door de verhouding :

$$(T) = \frac{\text{Grondprijs x afschrijvingspercentage}}{\text{Jaarlijks gewonnen thermische energie}}$$

De waarde van de teller is afhankelijk van de geïmmobiliseerde oppervlakte die op haar beurt evenredig is met de benuttingsgraad van de centrale en afhankelijk van de gecumuleerde laagdikte.

De waarde van de noemer is rechtstreeks evenredig met de benuttingsgraad van de centrale.

Tableau XII. — Coût moyen d'un sondage majoré de l'intervention du dispositif de refroidissement

Tabel XII. — Gemmiddelde boringkostprijs verhoogd met de bijdrage van de koeler

Profondeur et conditions de gisement	Prix moyen d'un sondage (10^6 FB) *Gem. prijs van een boring (10^6 BF)*		*Afzettingsdiepte en -omstandigheden*
	Variante 1	Variante 2	
1.000 m (Bassin Sud)	7,958	6,915	1.000 m (Zuiderbekken)
1.000 m (Campine)	9,395	7,950	1.000 m (Kempen)
1.500 m (Bassin Sud)	12,885	11,235	1.500 m (Zuiderbekken)
1.500 m (Campine)	14,265	12,117	1.500 m (Kempen)

Tableau XIII. — Incidence du prix des sondages sur le prix de la gigacalorie

Tabel XIII. — Weerslag van de boringprijs op de prijs van de gigacalorie

Pour la variante 1 — Voor variante 1

Profondeur et conditions de gisement	(S+R) = Incidence du coût des sondages et des dispositifs de refroidissement (FB / Gcal) *(S+R) = Weerslag van de boring- en koelerkostprijs (BF / Gcal)*				*Afzettingsdiepte en -omstandigheden*
1.000 m (Bassin Sud)	244,8	122,4	61,2	40,8	1.000 m (Zuiderbekken)
1.000 m (Campine)	289,1	144,5	72,3	48,2	1.000 m (Kempen)
1.500 m (Bassin Sud)	396,5	198,2	99,1	66,1	1.500 m (Zuiderbekken)
1.500 m (Campine)	438,9	219,5	109,7	73,2	1.500 m (Kempen)
Volume de charbon gazéifié par sondage (m³)	5.000	10.000	20.000	30.000	*Volume vergaste steenkool per boring (m³)*

Pour la variante 2 — Voor variante 2

Profondeur et conditions de gisement	(S+R) = Incidence du coût des sondages et des dispositifs de refroidissement (FB / Gcal) *(S+R) = Weerslag van de boring- en koelerkostprijs (BF / Gcal)*				*Afzettingsdiepte en -omstandigheden*
1.000 m (Bassin Sud)	212,8	106,4	53,2	35,5	1.000 m (Zuiderbekken)
1.000 m (Campine)	244,6	122,3	61,2	40,8	1.000 m (Kempen)
1.500 m (Bassin Sud)	345,7	172,8	86,4	57,6	1.500 m (Zuiderbekken)
1.500 m (Campine)	372,8	186,4	93,2	62,1	1.500 m (Kempen)
Volume de charbon gazéifié par sondage (m³)	5.000	10.000	20.000	30.000	*Volume vergaste steenkool per boring (m³)*

Le calcul conduit aux valeurs numériques suivan-s :

térêt annuel par km² de surface :

- 30.000.000 × 0,09 = 2.700.000 FB.

ıergie thermique extraite annuellement (réf. chap. 3.1.) :

- au taux d'utilisation de 7.000 h/an : 2.932.400 Gcal ;
- au taux d'utilisation de 4.500 h/an : 1.885.100 Gcal.

On en déduit pour l'intervention du prix du terrain s valeurs reprises au tableau XIV.

De berekening leidt tot de volgende numerieke waarden :

Jaarlijkse interest per km² oppervlakte :

— 30.000.000 × 0,09 = 2.700.000 BF.

Jaarlijks gewonnen thermische energie (ref. hoofdstuk 3.1.) :

— bij een benuttingsgraad van 7.000 h/jaar : 2.932.400 Gcal;

— bij een benuttingsgraad van 4.500 h/jaar : 1.885.100 Gcal

Voor de bijdrage van de grondprijs leidt men dus de waarden af voorkomende in tabel XIV.

Tableau XIV. — Incidence du prix du terrain sur le prix de la gigacalorie
Tabel XIV. — Weerslag van de grondprijs op de prijs van de gigacalorie

Puissance cumulée des couches *Gecumuleerde laagdikte*	Taux d'utilisation de 7.000 h/an *Benuttingsgraad van 7.000 h/jaar*		Taux d'utilisation de 4.500 h/an *Benuttingsgraad van 4.500h/jaar*	
	Intérêts annuels *Jaarlijkse interesten*	Incidence par gigacalorie extraite *Weerslag per gewonnen gigacalorie*	Intérêts annuels *Jaarlijkse interesten*	Incidence par gigacalorie extraite *Weerslag per gewonnen gigacalorie*
(m)	(10^6 FB)	(FB/Gcal)	(10^6 FB)	(FB/Gcal)
2	12,366	4,16	7,965	4,16
4	6,183	2,08	3,982	2,08
6	4,123	1,39	2,655	1,39
8	3,092	1,04	1,991	1,04

Comme on le voit, l'incidence des intérêts payés our l'occupation du terrain ne constitue qu'un faible oste du prix de revient, qui dépend uniquement de la uissance cumulée des couches.

Dans la suite des calculs, on n'a pas estimé devoir enir compte de cette variation et l'incidence du prix u terrain a été portée en compte pour une valeur niforme de *2,08 FB/Gcal* qui correspond à une uissance exploitée de 4 m.

Zoals kan worden vastgesteld, vormt de weerslag van de betaalde interesten voor de inbeslagneming van het terrein slechts een kleine post van de kostprijs, die enkel afhankelijk is van de gecumuleerde laagdikte.

In de verdere berekeningen werd het niet nodig geacht rekening te moeten houden met deze schommeling, en de weerslag van de grondprijs werd in rekening gebracht voor een uniforme waarde van *2,08 BF/Gcal* welke overeenstemt met een ontgonnen dikte van 4 m.

4.4. *Canalisations et main-d'œuvre*

Le coût des canalisations d'eau, d'air comprimé, de az et de vapeur reliant la centrale au sondage a été valué à partir d'une étude réalisée par Distrigaz, sur ı base des plans d'exploitation détaillés à la figure 5.

4.4. *Leidingen en arbeidskrachten*

De kostprijs van de leidingen voor water, perslucht, gas en stoom, welke de centrale verbinden met de boring werden geraamd uitgaande van een door Distrigaz verrichte studie, op grond van de op figuur 5 in detail voorkomende exploitatieplannen.

L'investissement à réaliser, comprenant la fourniture et le montage des canalisations, les vannes et flexibles, le calorifugeage et l'instrumentation, a été estimé à *860 millions de francs*.

Pour le calcul du prix de revient, on a admis que ce montant serait engagé en quatre tranches de 215 millions amortissables chacune en 5 ans.

La dépense salariale à prévoir pour le déplacement et l'entretien des installations de chantiers a été estimée à :

35 millions de francs pour un taux d'utilisation de la centrale de 7.000 h/an

et à

28 millions de francs pour un taux d'utilisation de la centrale de 4.500 h/an.

Compte tenu de ces données, l'intervention du coût des canalisations et de la main'd'œuvre de chantier dans le prix de l'énergie thermique extraite s'établit comme indiqué au tableau XV.

De uit te voeren investering, bestaande in de lev ring en de montage van de leidingen, de afsluiters slangen, de warmte-isolatie en de instrumentat werd op *860 miljoen frank* geraamd.

Voor de berekening van de kostprijs werd aanc nomen dat dit bedrag zou worden besteed in v schijven van 215 miljoen, elk afschrijfbaar over jaar.

De te verwachten loonuitgaven voor de verpla sing en het onderhoud van de werkinstallaties we geraamd op :

35 miljoen frank voor een benuttingsgraad v 7.000 h/jaar voor de centrale

en op

28 miljoen frank voor een benuttingsgraad v 4.500 h/jaar voor de centrale.

Rekening houdend met deze gegevens is bijdrage van de kostprijs voor de leidingen en arbeidskrachten op het werk in de prijs van de g wonnen thermische energie als volgt vastgesteld (t bel XV).

Tableau XV. — Incidence du coût des canalisations et de la main-d'œuvre de chantiers sur le prix de la gigacalorie

Tabel XV. — Weerslag van de kostprijs voor de leidingen en de arbeidskrachten op het werk op de prijs van de gigacalorie

Eléments de Prix de revient	Taux d'utilisation de 7.000 h/an *Benuttingsgraad van 7.000 h/jaar*		Taux d'utilisation de 4.500 h/an *Benuttingsgraad van 4.500 h/jaar*		*Kostprijs-elementen*
	Valeurs annuelles *Jaarlijkse waarden*	Incidence par Gcalorie extraite *Weerslag per gewonnen Gcalorie*	Valeurs annuelles *Jaarlijkse waarden*	Incidence par Gcalorie extraite *Weerlag per gewonnen Gcalorie*	
Intérêts et Amortissements	(10^6 FB)	(FB/Gcal)	(10^6 FB)	(FB/Gcal)	*Interesten en Afschrijvingen*
Canalisations	55,275	18,57	55,275	28,87	*Leidingen*
Main-d'œuvre	35,000	11,76	28,000	14,63	*Arbeidskrachte*
Total	90,275	30,33	83,275	43,50	*Totaal*

4.5. *Coût de la gigacalorie extraite*

En additionnant les valeurs partielles obtenues aux trois paragraphes précédents et en adoptant pour l'incidence du prix du terrain une valeur constante de *2,08 F/Gcal*, on parvient finalement aux tableaux ci-après qui définissent la variation du coût de la gigacalorie en fonction des différents paramètres :

4.5. *Kostprijs van de gewonnen gigacalori*

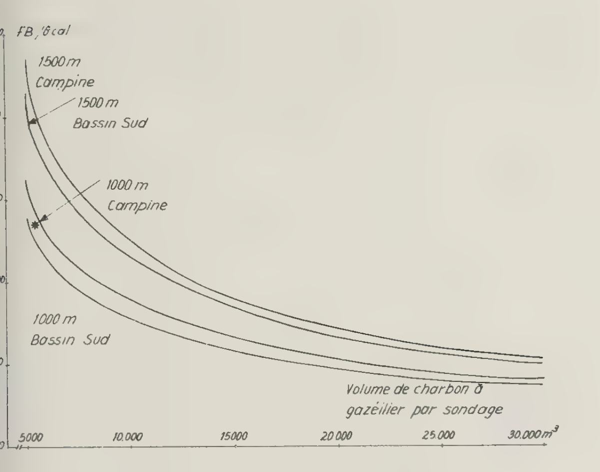
Door opstelling van de gedeeltelijke waarden uit d vorige drie paragrafen en door aanneming van ee constante waarde van *2,08 F/Gcal* voor de weersla van de grondprijs, bereikt men uiteindelijk de vo gende tabellen die de schommeling van de kostpri van de gigacalorie bepalen volgens de verschillend parameters :

Taux d'utilisation de la centrale.
Variante adoptée pour la disposition des sondages.
Profondeur.
Conditions de gisement.
Volume moyen de charbon gazéifié par sondage.

.'ensemble de ces valeurs sont reportées en grammes aux figures 6, 7, 8 et 9.

— Benuttingsgraad van de centrale.
— Aangenomen variante voor de schikking van de boringen.
— Diepte.
— Afzettingsomstandigheden.
— Gemiddeld volume vergaste steenkool per boring.

Al deze waarden zijn voorgesteld in diagrammen op de figuren 6, 7, 8 en 9.

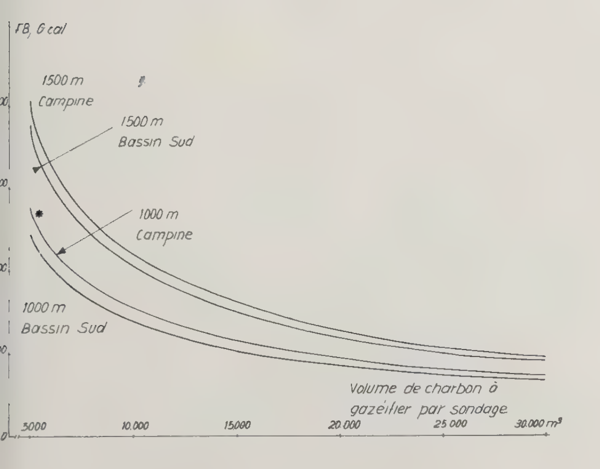


. 6. — Prix de revient de la gigacalorie — 7.000 h/an. Variante 1
'aleur tirée de l'analyse du N.C.B. pour :
1.000 m de profondeur
maille du réseau de sondage 30 m × 30 m
puissance exploitée : 6 mètres

Kostprijs van de gigacalorie — 7.000 h/jaar. Variante 1
Jit de analyse van de N.C.B. getrokken waarde voor :
1.000 m diepte
maas van het boringnet 30 m × 30 m
ontgonnen dikte : 6 m

npine — *Kempen*
ssin Sud — *Zuiderbekken*

ume de charbon à gazéifier par sondage
boring te vergassen steenkoolvolume



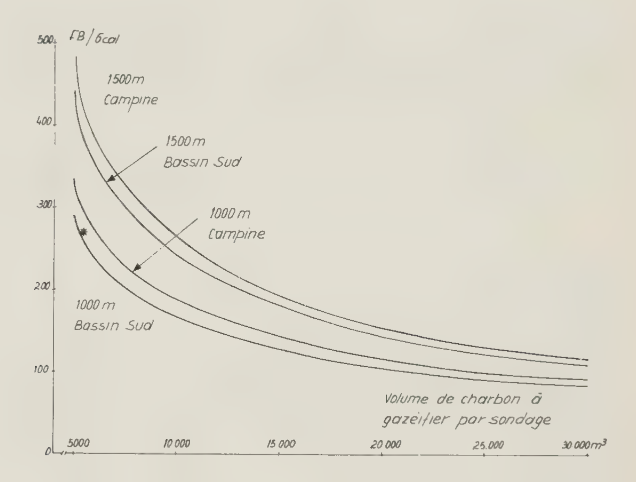


Fig. 8. — Prix de revient de la gigacalorie — 4.500 h/an. Variante 1
Kostprijs van de gigacalorie — 4.500 h/jaar. Variante 1

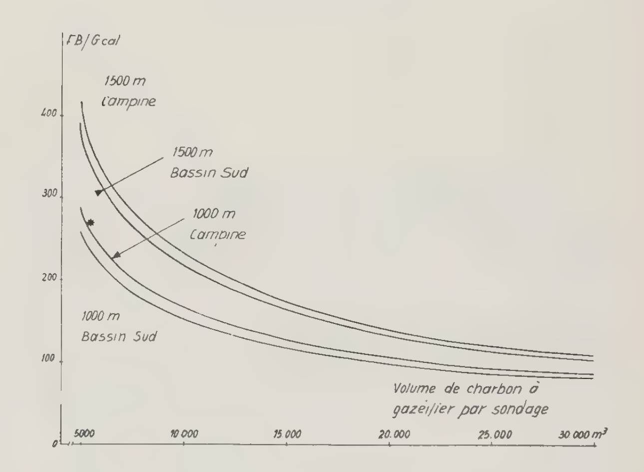


Fig. 9. — Prix de revient de la gigacalorie — 4.500 h/an. Variante 2
Kostprijs van de gigacalorie — 4.500 h/jaar. Variante 2

Fig. 7. — Prix de revient de la gigacalorie — 7.000 h/an. Variante 2
Kostprijs van de gigacalorie — 7.000 h/jaar. Variante 2

5. PRIX DE REVIENT DU kWh

5.1. Expression du prix de revient du kWh

Le prix de revient du kWh est lié au coût de la gigacalorie extraite (P) par une relation linéaire de la forme :

$$\text{Prix du kWh} = A + BP \qquad (1)$$

Compte tenu du rendement de 34,9 % défini au chapitre 2.11., la livraison d'un kWh exige l'extraction de *2.465 kcal,* ce qui donne au coefficient B une valeur numérique de $2.465.10^{-6}$.

5.2. Frais fixes

Intérêts et amortissements

L'investissement « centrale » a été estimé à 11.000 FB par kW installé, frais indirects compris. Pour une puissance installée de 183.000 kW, ceci donne :

183.000 × 11.000 = *2.013.000.000 FB*

Compte tenu d'un taux d'intérêt de 9 % et d'une période d'amortissement de 20 ans, la charge annuelle s'établit à 10,955 % du coût initial, soit :

220.525.000 FB/an.

Autres frais fixes

L'ensemble des autres frais fixes : main-d'œuvre, conduite, grosses réparations, assurances et frais généraux, a été évalué, par comparaison avec une centrale thermique à charbon pulvérisé, à 150.000.000 FB/an.

Sur ces bases, l'incidence des frais fixes sur le coût du kWh distribué s'établit aux valeurs ci-après :

Pour un taux d'utilisation de 7.000 h par an :

$$A = \frac{370.525.000}{7.000 \times 170.000} = 0{,}311 \text{ FB/kWh}$$

Pour un taux d'utilisation de 4.500 h par an :

$$A = \frac{370.525.000}{4.500 \times 170.000} = 0{,}484 \text{ FB/kWh}$$

5. KOSTPRIJS VAN HET kWh

5.1. Uitdrukking van de kostprijs van het kWh

De kostprijs van het kWh is gebonden aan de k prijs van de gewonnen gigacalorie (P) door een neaire betrekking van de vorm :

$$\text{Prijs van het kWh} = A + BP$$

Rekening houdend met het in hoofdstuk 2-11 paalde rendement van 34,9 %, vergt de levering een kWh de winning van *2.465 kcal,* waardoor co ficiënt B een numerieke waarde van 2.465.1 krijgt.

5.2. Vaste kosten

Interesten en afschrijvingen

De investering « centrale » werd op 11.000 geraamd per geïnstalleerd kW, indirecte kosten begrepen. Voor een geïnstalleerd vermogen v 183.000 kW geeft dit :

183.000 × 11.000 = *2.013.000.000 BF*

Rekening houdend met een interestvoet van 9 en met een afschrijvingsperiode van 20 jaar bedra de jaarlijkse last, tegen 10,955 % van de aanvan lijke kostprijs :

220.525.000 BF/jaar

Andere vaste kosten

Het geheel van de andere vaste koste arbeidskrachten, leiding, grote herstellingen, ver keringen en algemene kosten, werd 150.000.000 BF/jaar geraamd bij vergelijking m een thermische centrale met poederkolen.

Op basis hiervan stemt de weerslag van de va kosten op de kostprijs van het bedeelde kWh overe met de volgende waarden :

Voor een benuttingsgraad van 7.000 h per jaar :

$$A = \frac{370.525.000}{7.000 \times 170.000} = 0{,}311 \text{ BF/kWh}$$

Voor een benuttingsgraad van 4.500 h per jaar :

$$A = \frac{370.525.000}{4.500 \times 170.000} = 0{,}484 \text{ BF/kWh}$$

n reportant ces valeurs dans la formule (1), on ent pour prix du kWh les valeurs portées en grammes à la figure 10.

5.3. *Variation du prix du kWh en fonction des différents paramètres d'exploitation*

our exprimer le prix de revient du kWh, en fonc- des différents paramètres qui influent sur le prix a gigacalorie extraite, les valeurs numériques qui rent au tableau XVI seront transformées en prix kWh en appliquant la formule (1).

es résultats de cette transposition sont détaillés au leau XVII et reportés en diagrammes aux figures 12, 13 et 14.

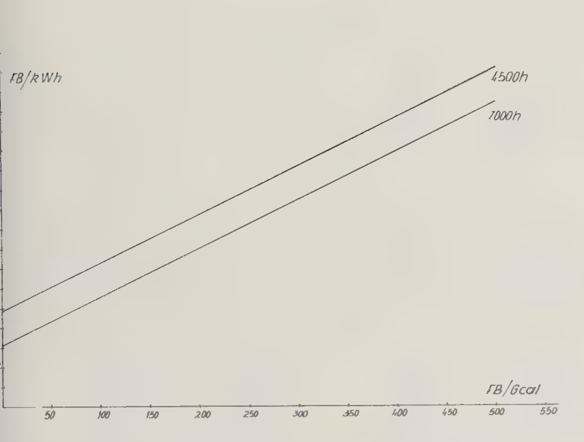
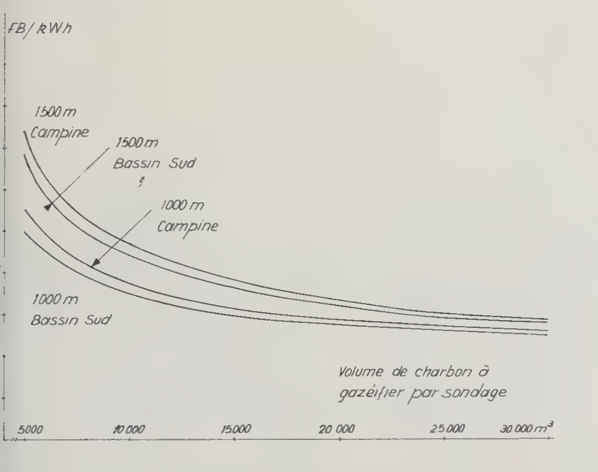


Fig. 10. — Prix du kWh en fonction de la Gcal extraite
Prijs van het kWh naar gelang van de gewonnen Gcal



11. — Prix de revient du kWh — 7.000 h/an. Variante 1.
Kostprijs van het kWh — 7.000 h/jaar. Variante 1

Door deze waarden over te brengen in de formule (1), verkrijgt men voor de prijs van het kWh de waarden die op figuur 10 in diagram werden gebracht.

5.3. *Verandering van de prijs van het kWh naar gelang van de verschillende exploitatieparameters*

Om de kostprijs van het kWh uit te drukken naar gelang van de verschillende parameters die de prijs van de gewonnen gigacalorie beïnvloeden, zullen de numerieke waarden voorkomende in tabel XVI worden omgezet in de prijs van het kWh door toepassing van de formule (1).

De resultaten van deze omzetting komen in detail voor in tabel XVII en zijn in diagram gebracht op de figuren 11, 12, 13 en 14.

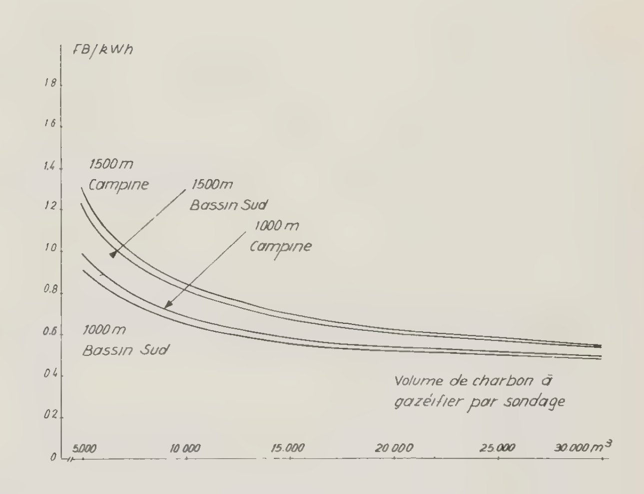


Fig. 12. — Prix de revient du kWh — 7.000 h/an. Variante 2
Kostprijs van het kWh — 7.000 h/jaar. Variante 2

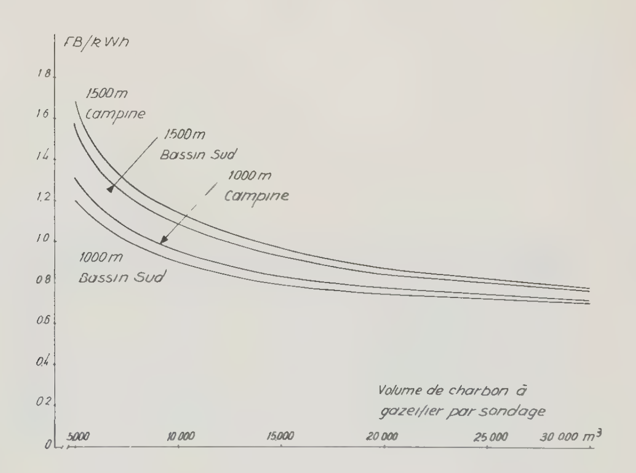


Fig. 13. — Prix de revient du kWh — 4.500 h/an. Variante 1
Kostprijs van het kWh — 4.500 h/jaar. Variante 1

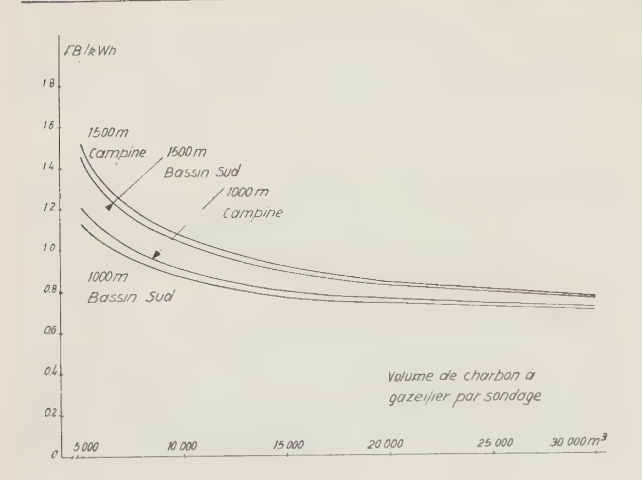


Fig. 14. — Prix de revient du kWh — 4.500 h/an. Variante
Kostprijs van het kWh — 4.500 h/jaar. Variante 2

Tableau XVI. — Coût de la gigacalorie extraite
Tabel XVI. — Kostprijs van de gewonnen gigacalorie

1. Taux d'utilisation de 7.000 h/an — Variante 1
1. Benuttingsgraad van 7.000 h/jaar — Variante 1

Profondeur et conditions de gisement	Coût de la gigacalorie extraite (FB/Gcal) *Kostprijs van de gewonnen gigacalorie (BF/Gcal)*				*Diepte- en afzettingsomstandigheden*
1.000 m (Bassin Sud)	277,2	154,8	93,6	73,2	1.000 m (Zuiderbekken)
1.000 m (Campine)	321,5	176,9	104,7	80,6	1.000 m (Kempen)
1.500 m (Bassin Sud)	428,9	230,6	131,5	98,5	1.500 m (Zuiderbekken)
1.500 m (Campine)	471,3	251,9	142,1	105,6	1.500 m (Kempen)
Volume de charbon gazéifié par sondage (m³)	5.000	10.000	20.000	30.000	*Volume vergaste steenkool per boring (m³)*

2. Taux d'utilisation de 7.000 h/an — Variante 2
2. Benuttingsgraad van 7.000 h/jaar — Variante 2

Profondeur et conditions de gisement	Coût de la gigacalorie extraite (FB/Gcal) *Kostprijs van de gewonnen gigacalorie (BF/Gcal)*				*Diepte- en afzettingsomstandigheden*
1.000 m (Bassin Sud)	245,2	138,8	85,6	67,9	1.000 m (Zuiderbekken)
1.000 m (Campine)	277,0	154,7	93,6	73,2	1.000 m (Kempen)
1.500 m (Bassin Sud)	378,1	205,2	118,8	90,0	1.500 m (Zuiderbekken)
1.500 m (Campine)	405,2	218,8	125,6	94,5	1.500 m (Kempen)
Volume de charbon gazéifié par sondage (m³)	5.000	10.000	20.000	30.000	*Volume vergaste steenkool per boring (m³)*

3. Taux d'utilisation de 4.500 h/an — Variante 1
3. Benuttingsgraad van 4.500 h/jaar — Variante 1

Profondeur et conditions de gisement	Coût de la gigacalorie extraite (FB/Gcal) *Kostprijs van de gewonnen gigacalorie (BF/Gcal)*				*Diepte- en afzettingsomstandigheden*
1.000 m (Bassin Sud)	290,4	168,0	106,8	86,4	1.000 m (Zuiderbekken)
1.000 m (Campine)	334,7	190,1	117,9	93,8	1.000 m (Kempen)
1.500 m (Bassin Sud)	442,1	243,8	144,7	111,7	1.500 m (Zuiderbekken)
1.500 m (Campine)	484,5	265,1	155,3	118,8	1.500 m (Kempen)
olume de charbon azéifié par sondage (m³)	5.000	10.000	20.000	30.000	*Volume vergaste steenkool per boring (m³)*

4. Taux d'utilisation de 4.500 h/an — Variante 2
4. Benuttingsgraad van 4.500 h/jaar — Variante 2

Profondeur et conditions de gisement	Coût de la gigacalorie extraite (FB/Gcal) *Kostprijs van de gewonnen gigacalorie (BF/Gcal)*				*Diepte- en afzettingsomstandigheden*
1.000 m (Bassin Sud)	258,4	152,0	98,8	81,1	1.000 m (Zuiderbekken)
1.000 m (Campine)	290,2	167,9	106,8	86,4	1.000 m (Kempen)
1.500 m (Bassin Sud)	391,3	218,4	132,0	103,2	1.500 m (Zuiderbekken)
1.500 m (Campine)	418,4	232,0	138,8	107,7	1.500 m (Kempen)
olume de charbon azéifié par sondage (m³)	5.000	10.000	20.000	30.000	*Volume vergaste steenkool per boring (m³)*

Tableau XVII. — Prix de revient du kWh
Tabel XVII. — Kostprijs van het kWh

1. Taux d'utilisation de 7.000 h/an — Variante 1
1. Benuttingsgraad van 7.000 h/jaar — Variante 1

Profondeur et conditions de gisement	Prix de revient du kWh (FB/kWh) *Kostprijs van het kWh (FB/kWh)*				*Diepte- en afzettingsomstandigheden*
1.000 m (Bassin Sud)	0,994	0,693	0,542	0,491	1.000 m (Zuiderbekken)
1.000 m (Campine)	1,103	0,747	0,569	0,510	1.000 m (Kempen)
1.500 m (Bassin Sud)	1,368	0,879	0,635	0,554	1.500 m (Zuiderbekken)
1.500 m (Campine)	1,473	0,932	0,661	0,571	1.500 m (Kempen)
Volume de charbon gazéifié par sondage (m³)	5.000	10.000	20.000	30.000	*Volume vergaste steenkool per boring (m³)*

2. Taux d'utilisation de 7.000 h/an — Variante 2
2. Benuttingsgraad van 7.000 h/jaar — Variante 2

Profondeur et conditions de gisement	Prix de revient du kWh (FB/kWh) *Kostprijs van het kWh (BF/kWh)*				*Diepte- en afzettingsomstandigheden*
1.000 m (Bassin Sud)	0,915	0,653	0,522	0,478	1.000 m (Zuiderbekken)
1.000 m (Campine)	0,994	0,692	0,542	0,491	1.000 m (Kempen)
1.500 m (Bassin Sud)	1,243	0,817	0,604	0,533	1.500 m (Zuiderbekken)
1.500 m (Campine)	1,310	0,850	0,621	0,544	1.500 m (Kempen)
Volume de charbon gazéifié par sondage (m³)	5.000	10.000	20.000	30.000	*Volume vergaste steenkool per boring (m³)*

3. Taux d'utilisation de 4.500 h/an — Variante 1
3. Benuttingsgraad van 4.500 h/jaar — Variante 1

Profondeur et conditions de gisement	Prix de revient du kWh (FB/kWh) *Kostprijs van het kWh (BF/kWh)*				*Diepte- en afzettingsomstandigheden*
1.000 m (Bassin Sud)	1,200	0,898	0,747	0,697	1.000 m (Zuiderbekken)
1.000 m (Campine)	1,309	0,953	0,775	0,715	1.000 m (Kempen)
1.500 m (Bassin Sud)	1,574	1,085	0,841	0,759	1.500 m (Zuiderbekken)
1.500 m (Campine)	1,678	1,137	0,867	0,777	1.500 m (Kempen)
Volume de charbon gazéifié par sondage (m³)	5.000	10.000	20.000	30.000	*Volume vergaste steenkool per boring (m³)*

4. Taux d'utilisation de 4.500 h/an — Variante 2
4. Benuttingsgraad van 4.500 h/jaar — Variante 2

Profondeur et conditions de gisement	Prix de revient du kWh (FB/kWh) *Kostprijs van het kWh (BF/kWh)*				*Diepte- en afzettingsomstandigheden*
1.000 m (Bassin Sud)	1,121	0,859	0,727	0,684	1.000 m (Zuiderbekken)
1.000 m (Campine)	1,199	0,898	0,747	0,697	1.000 m (Kempen)
1.500 m (Bassin Sud)	1,449	1,022	0,809	0,738	1.500 m (Zuiderbekken)
1.500 m (Campine)	1,515	1,056	0,826	0,749	1.500 m (Kempen)
Volume de charbon gazéifié par sondage (m³)	5.000	10.000	20.000	30.000	*Volume vergaste steenkool per boring (m³)*

6. CONCLUSIONS

1. L'étude économique basée sur les prix d'août 75 est effectuée dans l'hypothèse d'une réussite hnique des expériences à entreprendre « in situ ».

Ces expériences doivent confirmer :

- la possibilité de réaliser un gazogène souterrain fonctionnant sous haute pression ;
- la possibilité de réaliser des linkings entre sondages profonds distants de 70 à 80 m ;
- la possibilité d'atteindre un rendement de gazéification et d'utilisation du gisement suffisamment élevé à partir de sondages assez largement espacés, grâce aux effets favorables de la variation de pression et des hautes pressions de gazéification.

2. L'étude confirme que le coût des sondages nstitue l'élément prépondérant du prix de revient la gazéification souterraine à grande profondeur. coût dépend de la profondeur du gisement, de paisseur des morts-terrains (Campine et Bassin d) et du diamètre de forage.

Compte tenu de l'encombrement des dispositifs de roidissement prévus à l'intérieur des sondages de cupération du gaz, le diamètre extérieur de ces ndages a été fixé à 8 5/8'' (219 mm), ce qui rmet d'assurer une production d'énergie électrique 5 MW par sondage, pour une pression d'injection air n'excédant pas 40 bars.

En s'inspirant des techniques pratiquées en R.S.S., une spécialisation des sondages a été enagée, le nombre de sondages utilisés pour la récuration des gaz étant limité à 1 sur 2 (variante 1) ou à ur 3 (variante 2). Cette spécialisation des sondages nduit à une importante économie de forage, les ndages d'injection d'air pouvant être réalisés à plus ble diamètre.

Au surplus, l'incidence du coût des sondages sur le x de la gigacalorie extraite est inversément prortionnelle au volume de charbon gazéifié.

Si le volume de charbon gazéifié par sondage atnt *7.000 m³*, le coût de la gigacalorie extraite à 000 m de profondeur pourrait se situer dans une mme comprise entre *180 et 250 FB*. Ces valeurs se mparent favorablement aux prix actuels des arbons importés et restent très en deçà du prix de vient des charbons belges.

3. Le rendement et le coût de la conversion de la aleur en électricité ont été évalués dans le cas d'une tallation de gazéification souterraine intégrée à e centrale à cycles combinés gaz-vapeur, d'une issance utile de 170 MW.

6. CONCLUSIES

1. De economische studie gebaseerd op de prijzen van augustus 1975 is uitgevoerd in de hypothese dat de « in situ » te ondernemen proefnemingen technisch slagen.

Deze proefnemingen moeten een bevestiging geven van :

— de mogelijkheid om een ondergrondse gasgenerator tot stand te brengen die onder hoge druk werkt;
— de mogelijkheid om linkings uit te voeren tussen diepe boringen op 70 tot 80 m afstand van mekaar;
— de mogelijkheid om een voldoende hoog vergassings- en benuttingsrendement van de afzetting te bereiken vanuit de op nogal brede afstand van mekaar verwijderde boringen, dank zij de gunstige invloeden van de drukverandering en van de hoge vergassingsdrukken.

2. De studie bevestigt dat de kostprijs van de boringen het doorslaggevende element vormt van de kostprijs van de ondergrondse vergassing op grote diepte. Deze prijs is afhankelijk van de diepte van de afzetting, van de dikte van de deklagen (Kempen en Zuiderbekken) en van de boringdiameter.

Rekening houdend met de omvang van de koelers binnen de gasopvangboringen, werd de buitendiameter van deze boringen vastgesteld op 8 5/8'' (219 mm), waardoor per boring elektrische energie van 5 MW kan worden geproduceerd voor een luchtinjectiedruk kleiner dan 40 bar.

In navolging van de in de U.S.S.R. toegepaste technieken werd een specialisatie van de boringen gepland, daar het aantal boringen voor de gasopvanging beperkt is tot 1 op 2 (variante 1) of tot 1 op 3 (variante 2). Deze specialisatie van de boringen leidt tot een belangrijke boorbesparing aangezien de luchtinjectieboringen een kleinere diameter mogen hebben.

Bovendien is de weerslag van de boringenprijs op de prijs van de gewonnen gigacalorie omgekeerd evenredig met het volume vergaste steenkool.

Indien het volume vergaste steenkool *7.000 m³* bereikt per boring, kan de prijs van de op 1.000 m diepte gewonnen gigacalorie liggen in een gamma begrepen tussen *180 en 250 BF*. Deze waarden staan in gunstige vergelijking met de huidige prijzen van de ingevoerde steenkolen en blijven onder de kostprijs van de Belgische steenkolen.

3. Het rendement en de omzettingsprijs voor de warmte in elektriciteit werden geraamd in het geval van een ondergrondse vergassingsinstallatie gekoppeld aan een centrale met gecombineerde gas/stoomkringlopen met een nuttig vermogen van 170 MW.

Le prix de revient du kWh fourni au réseau est essentiellement fonction de deux paramètres : le taux d'utilisation de la centrale et le prix de la gigacalorie extraite.

Si le prix de la gigacalorie peut être maintenu suffisamment bas, il est permis d'envisager d'utiliser la centrale de gazéification comme centrale de base, avec un taux d'utilisation de l'ordre de *7.000 h/an.*

Dans les conditions les plus favorables (variante 2), le volume moyen de charbon à exploiter, dans le Bassin Sud, pour réaliser un prix de revient de 65 centimes/kWh devrait atteindre :

— 10.000 m^3 par sondage pour une profondeur de 1.000 m, et
— 16.000 m^3 par sondage pour une profondeur de 1.500 m.

En Campine, le même résultat pourrait être obtenu avec des volumes de :

— 12.000 m^3 par sondage pour une profondeur de 1.000 m, et
— 18.000 m^3 par sondage pour une profondeur de 1.500 m.

Dans les mêmes conditions de volume de charbon gazéifié et avec un taux d'utilisation de 4.500 h/an, le prix de revient du kWh passerait de 65 à 82 centimes et se situerait encore dans la zone de prix de revient des centrales thermiques classiques.

4. Sur la base des essais de « linking » actuellement en cours en Campine, il semble que l'on puisse envisager de disposer les sondages suivant un réseau carré de 70 à 80 m de côté, ce qui implique la réalisation de 2 sondages par hectare.

Dans ces conditions, des prix de revient de l'ordre de 65 à 70 centimes/kWh devraient être accessibles dans tous les gisements belges, par l'exploitation d'une seule couche de 2 m d'épaisseur à 1.000 m de profondeur.

Cependant, compte tenu de l'épaisseur limitée des couches de nos gisements, il est important de se fixer pour objectif d'exploiter successivement plusieurs couches par un même réseau de sondages.

5. Pour son utilisation dans une centrale à cycles combinés, le gaz doit être épuré à un très haut degré. De ce fait, les effluents rejetés à l'atmosphère sont pratiquement exempts de poussières et de composés sulfurés.

Les problèmes du lavage des gaz et de l'évacuation des eaux usées n'ont pas été examinés de façon détaillée, mais il est permis de penser qu'ils pourront être résolus par les techniques en voie de développement dans les centrales qui procèdent à la gazéification du charbon extrait, dans des gazogènes à haute pression.

De kostprijs van het aan het net geleverde kWh hoofdzakelijk afhankelijk van twee parameters : benuttingsgraad van de centrale en de prijs van gewonnen gigacalorie.

Indien de prijs van de gigacalorie laag genoeg k worden gehouden, mag het gebruik worden overw gen van een vergassingscentrale als basiscentra met een benuttingsgraad van zowat *7.000 h/jaar*

In de gunstigste omstandigheden (variante 2) m in het Zuiderbekken, om een kostprijs van centiemen/kWh te bereiken, het volume te ontg nen steenkool gemiddeld bedragen :

— 10.000 m^3 per boring voor een diepte van 1.0 m, en
— 16.000 m^3 per boring voor een diepte van 1.5 m.

In de Kempen zou hetzelfde resultaat kunnen w den verkregen met volumes van :

— 12.000 m^3 per boring voor een diepte van 1.00 m, en
— 18.000 m^3 per boring voor een diepte van 1.50 m.

In dezelfde omstandigheden voor het volume v gaste steenkool en met een benuttingsgraad v 4.500 h/jaar, zou de kostprijs van het kWh van 6 tot 82 centiemen stijgen en zou nog binnen de ko prijszone vallen van de klassieke thermische cent les.

4. Op grond van de thans in de Kempen aan gang zijnde « linking »-proeven blijkt dat de sch king van de boringen mag worden gepland volg een vierkant net van 70 tot 80 meter zijde, waard er per hectare 2 boringen worden gemaakt.

In deze omstandigheden zouden kostprijzen v zowat 65 tot 70 centiemen/kWh in alle Belgisc afzettingen bereikbaar moeten zijn door ontginni van een enkele 2 m dikke laag op 1.000 m diepte.

Rekening houdend met de beperkte laagdikte v onze afzettingen is het belangrijk zich de opeenv gende ontginning ten doel te stellen van versch lende lagen door éénzelfde boringennet.

5. Voor het gebruik van het gas in een centra met gecombineerde kringlopen moet het in ho mate worden gezuiverd. Bijgevolg zijn de in atmosfeer vrijgegeven effluenten nagenoeg vrij v stof en zwavelhoudende verbindingen.

De problemen inzake de gaswassing en de verw dering van het afvalwater werden niet in detail b studeerd, maar er mag worden aangenomen dat kunnen worden opgelost door de in ontwikkeli zijnde technieken in de centrales die gewonn steenkool vergassen in hogedrukgasgenerators.

6. Les problèmes d'approvisionnement en eau, s d'une exploitation à grande échelle, devront être aminés cas par cas. La perte en eau par évapora- n et par consommation de vapeur dans le proces- s de gazéification souterraine peut être évaluée à 05 m³/s par tranche de 100 MW, soit environ % des besoins d'une centrale thermique classique uipée de réfrigérants atmosphériques produisant la ême puissance. Un prélèvement sensiblement plus portant est nécessaire pour assurer la décon- ntration du circuit des réfrigérants, ce débit étant stitué à l'aval de l'installation.

7. L'ensemble de cette étude permet d'envisager possibilité d'utiliser économiquement l'énergie ex- ite par gazéification souterraine sous pression, en e de la production d'électricité, à condition que le lume de charbon gazéifié par sondage puisse at- ndre les niveaux définis au point 3. La gazéification uterraine offrirait l'avantage de s'adapter à des ré- mes variables de production d'électricité.

8. Sur la base d'un programme expérimental ogressif, on pourrait envisager de mettre en ex- oitation, d'ici 15 ans, deux ou trois sites cor- spondant chacun à une puissance de 170 à 300 W. A ce stade, il ne semble pas se poser de problè- es d'immobilisations de terrains. Un développe- ent plus important, justifié par le souci de réduire la pendance énergétique du pays, impliquerait l'im- obilisation temporaire d'environ 10 km² de sol pour aque tranche de 1.000 MW. La mise à disposition ces terrains soulèverait un problème qui devrait re discuté, tant avec les autorités publiques qu'avec s milieux agricoles.

6. De watervoorzieningsproblemen in een ontginning op grote schaal moeten geval per geval worden onderzocht. Het waterverlies door verdamping en stoomverbruik in het ondergronds vergassingsprocédé kan op 0,05 m³/s worden geraamd per schijf van 100 MW, of ongeveer 75 % van de behoeften van een klassieke thermische centrale voorzien van luchtkoelers met hetzelfde vermogen.

Er moet voor een veel groter debiet worden gezorgd om de deconcentratie van de koelersomloop te bewerkstellingen maar dit debiet wordt stroomafwaarts ten opzichte van de installatie hersteld.

7. Door deze ganse studie kan de mogelijkheid worden gepland om de door ondergrondse vergassing onder druk gewonnen energie economisch te gebruiken met het oog op de produktie van elektriciteit, op voorwaarde dat het volume vergaste steenkool per boring de in punt 3 bepaalde niveaus kan bereiken. De ondergrondse vergassing biedt het voordeel om zich te kunnen aanpassen aan de variabele regimes in de produktie van elektriciteit.

8. Op grond van een progressief proefnemingsprogramma zou binnen 15 jaar de ontginning kunnen worden gepland van twee of drie winningsplaatsen die elk een vermogen van 170 tot 300 MW hebben. In dit stadium blijken zich geen problemen inzake grondimmobilisatie voor te doen. Een ruimere ontwikkeling, verantwoord door het streven naar de beperking van de energie-afhankelijkheid van ons land, zou de tijdelijke immobilisatie impliceren van ongeveer 10 km² grond voor elke schijf van 1.000 MW. De terbeschikkingstelling van deze gronden zal een probleem doen oprijzen dat zowel met de openbare overheden als met de landbouwmilieus moet worden besproken.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

CONGRÈS ANNUEL 1977 — BIARRITZ, 10-14 MAI

PROGRAMME PROVISOIRE

JOURNÉES TECHNIQUES

Mardi 10 mai (après-midi) section Minéralurgie seule

SECTION MINÉRALURGIE
Président : A. Bullet

1er thème : Relation entre la métallogenès et l'aptitude à l'enrichissement

- Interaction entre géologie, minéralogie et minér grès armoricains à titane et zirconium.
- Guides sédimentologiques et paléogéographic domaine margino-littoral et infra-littoral.
- Corrélation entre la géologie du quartz et l'e d'un traitement pour une roche destinée à l'i verrière.
- Considération sur le rôle de la recherche et de l tion des gisements miniers pour l'étude et les d relatives aux installations minéralurgiques.

Mercredi 11 mai et Jeudi 12 mai (matinée) (pour les 2 sections)

SECTION MINE
Président : F. Pot

Evolution et limites de la mécanisation dans les chantiers du fond et du jour

- *M. Roussel (Compagnie générale des Matières nucléaires) :* Aspects de la mécanisation dans les exploitations souterraines de Cogema. Mécanisation du creusement des galeries. Mécanisation des chantiers.
- *Imétal + B.R.G.M. :* La mécanisation et ses conséquences. Cas particulier d'une mine de Bolivie.
- *J. Choisel (Samifer) :* Abattage à l'explosif et abattage mécanique dans les mines de fer de Lorraine.
- *P. Sinou et J.F. Raffoux (Mines de fer et Charbonnages de France) :* Récents progrès du boulonnage.

- *M. Bodu (Mines de Potasse d'Alsace) :* Evolution de la mécanisation dans les chantiers d'abattage aux M.D.P.A. Examen d'un cas particulier.
- *R. Schweitzer (Charbonnages de France) :* Revue de l'évolution du matériel de mine de construction française.
- *M. Jacometti (Minatome) :* L'outil informatique dans l'établissement d'avant-projets de mines d'uranium. Examen d'un cas concret.
- *Charbonnages de France :* Exposé sur la mécanisation des longues tailles. Exemples des Houillères du Bassin de Lorraine et des Houillères de Provence.

- *R. Cordel (Electricité de France) :* Chantiers de creusement traditionnels et chantiers avec tunneliers dans la galerie sous Belledonne (Isère).
- *G. de la Rupelle (Ciments Lafarge France) :* Choix des engins mobiles de chargement et de transport en carrières de cimenterie.
- *P. Laneyrie (Comilog) :* Monographie d'une exploitation de manganèse en Afrique.
- *Unicem :* Monographie d'une carrière moderne.

SECTION MINÉRALURGIE (suite)

2e thème : Entretien dans les ateliers de tra des matières minérales

- Méthodes préventives d'entretien.
- Réduction des coûts d'entretien grâce au caoutc
- Inspection des appareils de laverie.
- Entretien de la laverie de Largentière.
- Problèmes d'abrasion et de corrosion à Roberto gne).
- Progrès récents dans l'entretien des outillages s une abrasion intense.
- Entretien dans les lavoirs à charbon.
- Entretien des pompes aux Mines de potasse d'A
- Dispositifs de régénération systématique de la des broyeurs à barres et à boulets.
- Entretien d'un atelier de broyage et de flottation nerai de cuivre.

3e thème : Sujets divers

- Application de la microsonde électronique qua à balayage aux études minéralurgiques.
- Simplification des dispositifs d'alimentatio broyeurs sur patins de virole.
- Synthèse et caractérisation de floculants sélectif
- Mise au point d'une nouvelle balance de sédim pour la détermination de la composition granu que des poudres homogènes.
- Possibilités présentes et perspectives techniques nomiques des opérations de préconcentration nerais.

Présence de stands d'exposition (constructeurs et bureaux d'ingéniérie)

Déjeuner officiel

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE

Président : R. Cheradame

Jeudi 12 mai (après-midi) — Assemblée générale de la Société.
Conférences sur l'aménagement de la Côte d'Aquitaine.

soirée — Nuit basque à l'hostellerie du château de Brindos.

Vendredi 13 mai — Visites techniques et touristiques : installations minières en France et en Espagne, gisements d'hydrocarbures, métallurgie, mécanique, thermalisme, le Pays Basque, le littoral.

Samedi 14 mai — *Journée de détente, à la découverte du parc naturel régional des Landes de Gascogne (écomusée de Marquèze)*

Pour les personnes associées : programme spécial de visites les 11 et 12 mai : Pays Basque, ville de Bayon

Le programme définitif et les formules d'inscription seront envoyés aux membres de notre société dans la deuxième quinzaine de

orrélation entre la fragmentation électronique et décomposition thermique du toluène de quelques phénols

BRAEKMAN-DANHEUX* et NGUYEN CU QUYEN**

RESUME

\fin de déterminer si la nature des principaux fragnts obtenus en spectrométrie de masse permettrait prévoir les produits primaires de pyrolyse thermique certains composés, on a comparé, pour le toluène quelques phénols, la fragmentation électronique et décomposition thermique. On a pu montrer que, ır les phénols étudiés, les deux processus conduit à des composés identiques; par contre, pour le uène, la corrélation n'est pas directe et il faut faire pel à des intermédiaires dont la structure n'apparaît toujours à première vue dans les produits de py- /se.

ZUSAMMENFASSUNG

Die elektronische Fragmentation sowie die rmische Zersetzung wurden beim Toluol bzw. bei igen Phenolverbindungen verglichen, um zu ermit- n, ob die Beschaffenheit der durch Masspektrometrie erhaltenen Hauptfragmente ckschlüsse auf die Primärerzeugnisse der Pyrolyse visser Verbindungen zulassen würde. Was nun die ersuchten Phenolverbindungen anbetrifft, so konnder Beweis dafür erbracht werden, daß beide Prose zu gleichen Verbindungen führen. Im Falle des uols hingegen gibt es keine unmittelbare Wechbeziehung, und dabei ist man auf Vermittlungsprote angewiesen, deren Struktur nicht immer in den dukten der Pyrolyse einwandfrei zum Vorschein nmt.

SAMENVATTING

Om te bepalen of uit de aard van de voornaamste door massaspectrometrie verkregen fragmenten de primaire produkten van de thermische pyrolyse van sommige verbindingen konden worden opgemaakt, werd voor tolueen en enkele fenolen de elektronische fragmentatie en de thermische ontleding vergeleken. Er kon worden aangetoond dat voor de bestudeerde fenolen de twee processen leiden tot identieke verbindingen ; voor tolueen daarentegen bestaat er geen rechtstreekse correlatie en moet er een beroep worden gedaan op hulpmiddelen waarvan de structuur niet altijd op het eerste gezicht tot uiting komt in de pyrolyseprodukten.

SUMMARY

In order to establish whether the nature of the principal fragments obtained by mass spectrometry allows of forecasting the primary products of thermal pyrolysis of some compounds, electronic fragmentation and thermal decomposition were carried out, for toluene and some phenols. It was demonstrated that the two processes yield identical compounds for the studied phenols. On the other hand, for toluene there is no direct correlation ; it is therefore necessary to resort to intermediate substances whose structure is not always immediately evident in the pyrolysis products.

Docteur en Sciences Chimiques - Chef de Travaux ass. à L.B.

Licencié en Sciences Chimiques.

niversité Libre de Bruxelles, Faculté des Sciences Appliquées, nue F.D. Roosevelt 50, B-1050 Bruxelles.

1. *INTRODUCTION*

Le craquage thermique à pression atmosphérique, sous haute pression ou en pyrolyse instantanée, des phénols et des hydrocarbures aromatiques, a été largement étudié dans le cadre des recherches que nous effectuons sur la valorisation des goudrons provenant de la cokéfaction du charbon.

Un travail important sur la pyrolyse à pression atmosphérique des phénols marqués en position spécifique au carbone 14 et au tritium a permis de clarifier les mécanismes principaux de dégradation thermique de ces produits (1).

La littérature renseigne différentes tentatives, notamment celles de Lossing et coll. (2) et De Jongh (3), de comparaison entre les dégradations thermiques et la fragmentation en spectrométrie de masse. Les résultats de ces études, assez divergents, nous ont conduits à étudier si, pour les produits dont nous connaissons bien le craquage thermique, il y avait possibilité de comparer les deux modes de fragmentation. Notre propos n'est pas ici d'étudier les fondements théoriques de ces deux types de fragmentation mais de voir si, pour le type de composés étudiés, la nature des principaux fragments obtenus en spectrométrie de masse permettrait de prédire la nature des principaux produits obtenus en pyrolyse.

2. *RESULTATS ET DISCUSSIONS*

2.1. *Toluène*

Les produits principaux de la pyrolyse du toluène pression atmosphérique (4, 5) sont le benzèn l'hydrogène et le méthane. Comme produits mineu on trouve du cyclopentadiène, du méthyclyclopent diène, du dibenzyle, du diphényle et du naphtalène

Le spectre de masse du toluène et la structure p bable des principaux ions fragments sont schématis à la figure 1.

Si nous comparons les principaux ions fragmen du spectre de masse aux produits de craquage c toluène, il n'y a pas à première vue d'analogie direct En effet, à cause de la formation de l'ion tropyllium, n'y a pas perte d'ion méthyle en spectrométrie c masse alors que les produits principaux de craquag thermique sont le benzène et le méthane. Cependan des travaux (6) sur la pyrolyse du toluène marqué a ^{14}C sur le groupement méthyle ont montré qu'il avait, dans certaines conditions, équivalence de tou les atomes de carbone. Les auteurs proposent un ra dical cyclique en C_7 intermédiaire. Par contre, la p rolyse du toluène en présence de vapeurs de mercu (7, 8) fournit du dibenzylmercure apportant ainsi preuve de l'existence du radical benzyle. On pe

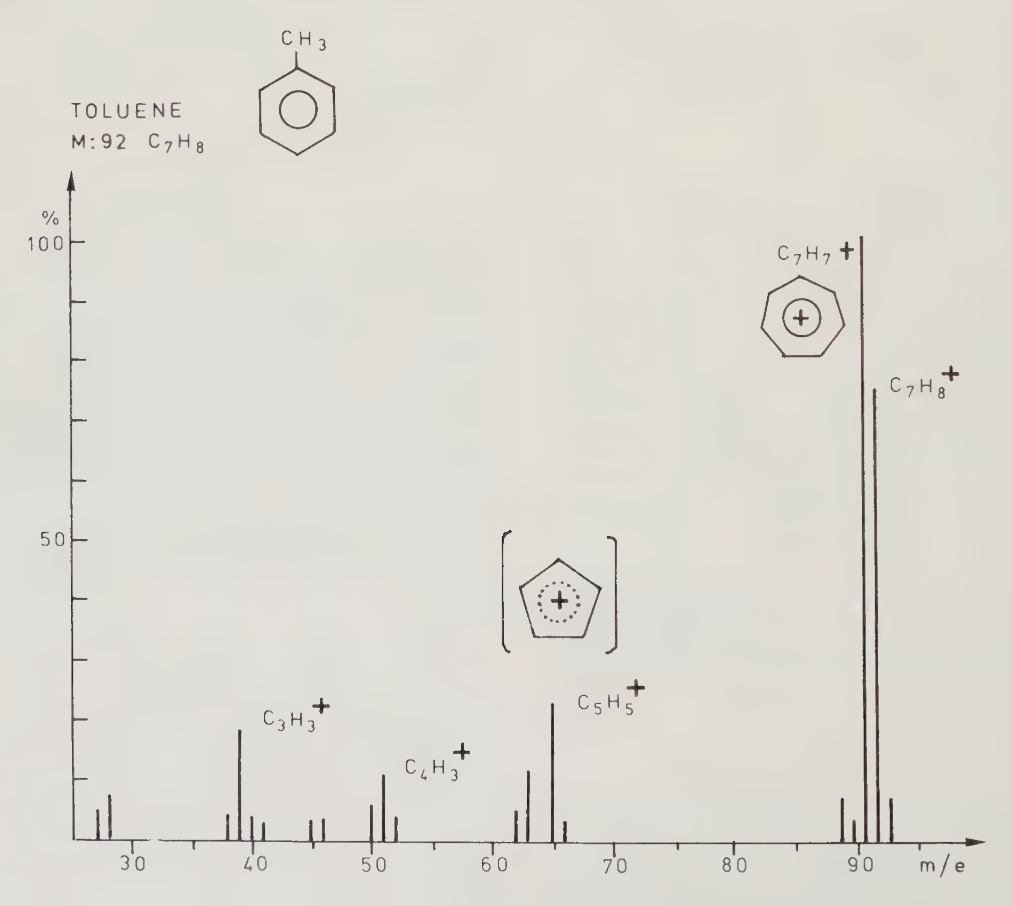


Fig. 1. — Spectre de masse du toluène.

nc dire que, dans ce cas, tant en spectrométrie de asse qu'en pyrolyse, on forme un fragment en C_7H_7 nt la structure cyclique a été prouvée en spectro- étrie de masse, mais dont la nature dépend des nditions expérimentales dans le cas de la pyrolyse.

2.2. *Phénols*

Les principaux produits primaires de la pyrolyse du énol (1, 4) sont le benzène, le cyclopentadiène et le onoxyde de carbone. Le craquage du phénol arqué au ^{14}C (1) en différentes positions a montré ıe le monoxyde de carbone provient du carbone rteur de la fonction hydroxyle. Le benzène provient ı partie de la déshydroxylation directe du phénol 'ec élimination d'eau et en partie du craquage ulté- eur du cyclopentadiène (9).

Pour les crésols on a montré (1) que le phénol rmé provient de la déméthylation directe et le to- ène d'une déshydroxylation. La formation du ben- ne est liée principalement à l'élimination du mono- de de carbone qui s'effectue, soit par passage en ne structure cyclique en C_7, soit par l'intermédiaire ı méthylcyclopentadiène.

Il est difficile de trancher en faveur de l'un ou l'autre de ces mécanismes qui semblent simultanés.

Les produits de craquage des xylénols sont essentiellement les crésols, le phénol, le toluène, les xylènes et le benzène. Spielmann (9) a montré que les composés aromatiques non phénoliques proviennent en partie des dérivés cyclopentadiéniques.

On peut donc schématiser globalement le processus de craquage à pression atmosphérique des crésols et des xylénols par deux types de transformation de la molécule de départ :

a) perte de substituants (déshydroxylation, déméthylation);

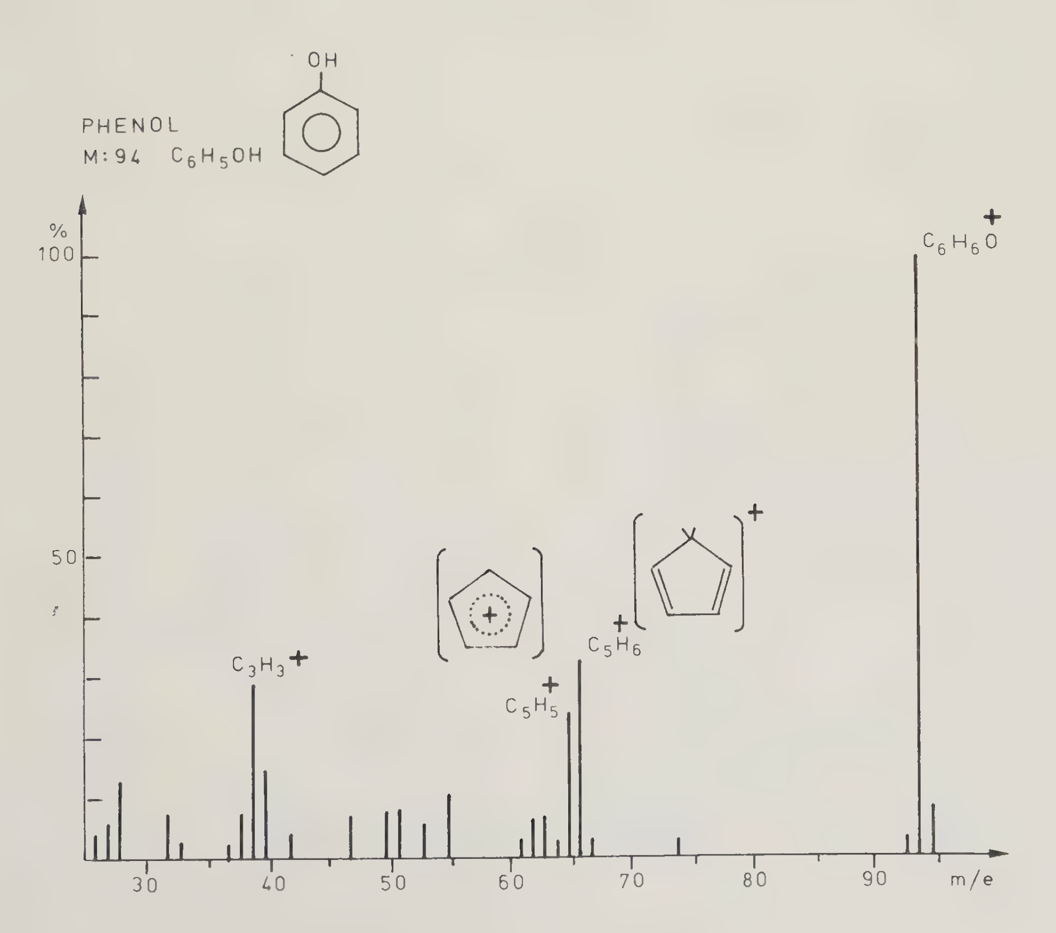


Fig. 2. — Spectre de masse du phénol.

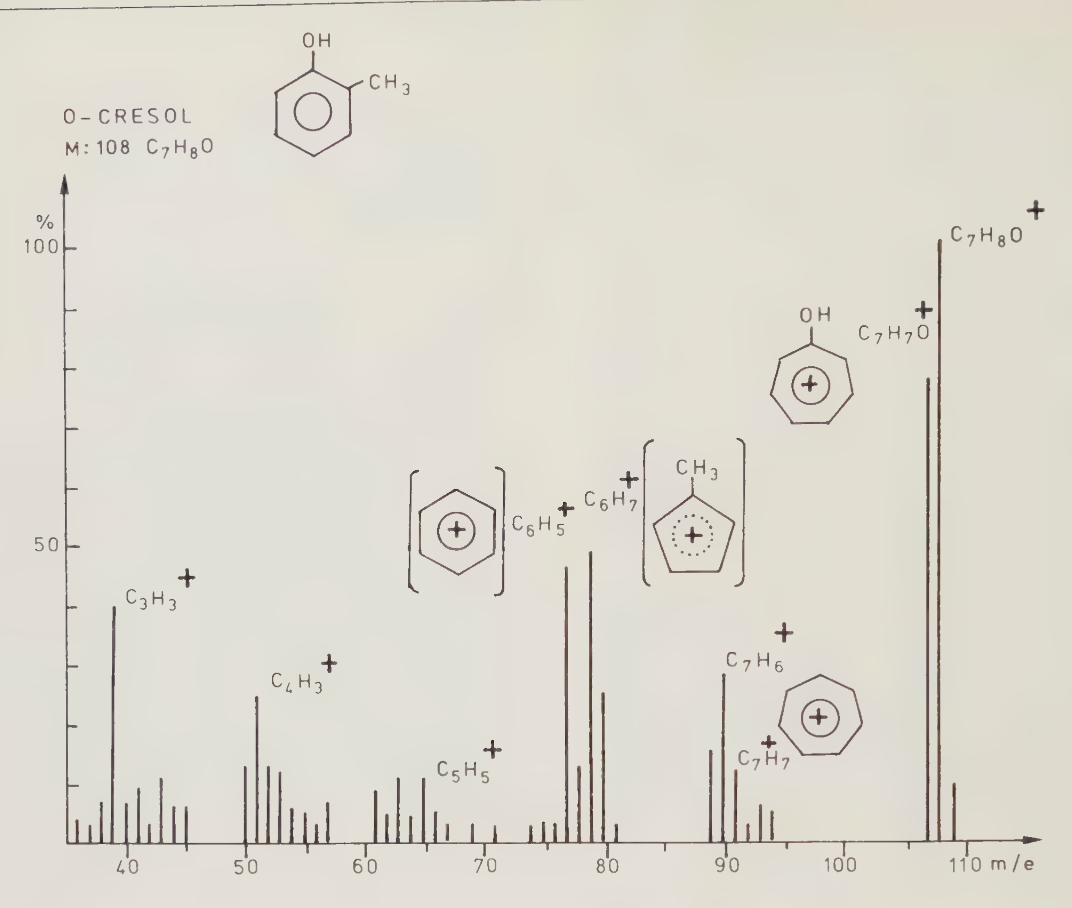


Fig. 3. — Spectre de masse de l'O. Crésol.

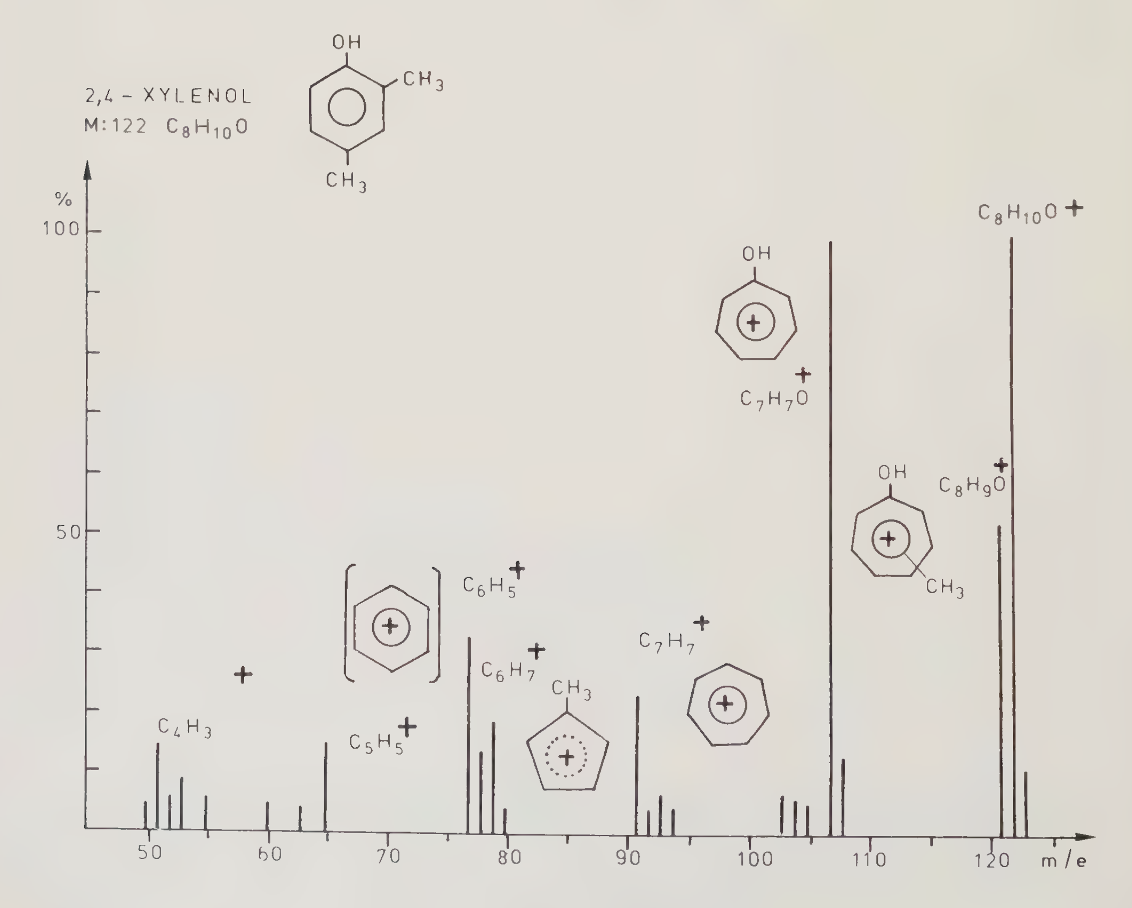


Fig. 4. — Spectre de masse du 2,4-Xylénol.

b) expulsion de monoxyde de carbone et formaon des hydrocarbures aromatiques par l'interméiaire d'un cycle en C_5 ou en C_7 suivant les schémas écrits ci-dessus.

Les spectres de masse du phénol, de l'o-crésol et du ,4-xylénol ainsi que la structure probable des rincipaux ions fragments sont représentés aux figues 2, 3 et 4.

Les ions importants à signaler sont :

1°) M-1 (H), quasi inexistant dans le spectre du hénol, important pour les phénols supérieurs.

2°) M-15 (CH_3), absent dans le spectre du phénol, rès faible dans le cas des crésols, mais notable dans eux des xylénols. Le peu d'importance de ce pic dans e cas des crésols s'explique par la formation d'un ycle en C_7.

3°) M-18 (H_2O), négligeable pour le phénol, mais ssez important pour les crésols.

4°) M-29 (COH) est moins important que M-28 CO) dans le cas du phénol, mais c'est le contraire lans le cas des crésols et des xylénols.

Il semble donc que, dans le cas des phénols, il xiste une certaine analogie entre les produits de pyolyse et les principaux ions fragments en spectronétrie de masse.

Le tableau I montre la correspondance que l'on eut établir entre ces deux modes de craquage.

En spectrométrie de masse, l'étape importante est la perte respectivement de CO et COH pour le phénol et les crésols conduisant à une structure « cyclopentadiénique » (11).

Pour les xylénols, cette étape est précédée d'une déméthylation conduisant au spectre des crésols.

De même, le craquage thermique a permis de montrer que la structure cyclopentadiénique était importante et responsable de la formation des composés non phénoliques.

Dans ce cas, le mécanisme mis en évidence par la spectrométrie de masse est le même que celui du craquage thermique, la perte de monoxyde de carbone conduisant au composé cyclique en C_5. Cependant, dans le cas du craquage thermique, des réactions parallèles ont également beaucoup d'importance, par exemple, le phénol est un des composés les plus importants formés par craquage thermique des crésols et des xylénols, alors que l'ion qui y correspond en spectrométrie de masse est peu intense.

TABLEAU I

	Ions fragments	*Produits de pyrolyse*
Phénol	65,66	Cyclopentadiène
	—	Benzène
O-Crésol	91,92	Toluène
	77,78	Benzène
	79	Méthylcyclopentadiène
	65	Cyclopentadiène
	94 (peu intense)	Phénol
2, 4-xylénol	107	Crésol
	91,92	Toluène
	77,78	Benzène
	79	Méthylcyclopentadiène
	93	Diméthylcyclopentadiène
	65	Cyclopentadiène
	94 (peu intense)	Phénol
	105 (peu intense)	Xylène

3. CONCLUSIONS

Cette tentative de comparaison des produits de pyrolyse avec les ions fragments en spectrométrie de masse nous montre qu'il n'y a pas de règles générales permettant de prédire les produits de pyrolyse d'un composé au départ de son spectre de masse.

En effet, si, dans le cas de composés tels que les phénols, certains produits formés au cours du craquage thermique peuvent être comparés directement avec les principaux ions provenant de la fragmentation électronique, par contre dans d'autres cas, tel le toluène, la corrélation n'est pas directe et il faut faire appel à des intermédiaires dont la structure n'apparaît pas toujours à première vue dans les produits de pyrolyse, mais qui, en spectrométrie de masse, apparaissent comme ions fragments stables.

4. PARTIE EXPERIMENTALE

4.1. Spectrométrie de masse

Les spectres de masse ont été relevés sur un appareil de marque Varian, type CH5, sous une tension d'ionisation de 70eV avec une résolution d'environ 2500. La source est maintenue à 150° C.

4.2. Craquage thermique

Les craquages thermiques à pression atmosphérique ont été réalisés dans un réacteur tubulaire en verre de silice. Les produits recueillis à basse température sont analysés par chromatographie en phas gazeuse. Ces techniques ont été décrites précédem ment (1, 4, 5, 10).

REMERCIEMENTS

Ces travaux ont pu être réalisés grâce aux subsid qui nous ont été accordés par la CCE. Nous re mercions cet organisme pour l'aide qu'il nous a ap portée.

BIBLIOGRAPHIE

(1) B. Bettens. *Tetrahedron, 30,* 1253 (1974).
(2) O.A. Mamer, R.J. Kominar, F.P. Lossing. *Org. Mass. Spectr. 3,* 1411 (1970).
(3) D.C. De Jongh, D.C. Klin, M.L. Thomson. Communication « 6th Intern. Mass Spectrometry Conference », Edinburgh Septembre 1973.
(4) R. Cyprès, C. Lejeune. *Ann. Mines Belgique, 7-8,* 110 (1965).
(5) R. Cyprès, C. Braekman-Danheux et A. Junne. Compte rendu XXXVIIe Congrès Intern. Chim. Ind. Madrid (1967) 281.
(6) T. Takeuchi, M. Sakaguchi et Y. Togashi. *Bull. Chem. Soc Japan, 39,* 1437 (1966).
(7) F. Hein, N.J. Mesee. *Chem. Ber. 76B,* 430 (1943).
(8) R. Spielmann - travaux non publiés (1972).
(9) A. Cramers, R. Spielmann. *Chromatographia, 5,* 295 (1972
(10) R. Cyprès, C. Braekman-Danheux, P. Bredael, L. Einhorn *Ann. Mines Belgique, 9,* 1105 (1970).
(11) Interpretation of mass spectra of organic compounds. H Budzieckiewicz, C. Djerassi, D.H. Williams (1964) p. 16 Ed. Holden-Day.

ıctivité de l'Institut d'Hygiène des Mines cours de l'année 1975

ard DEGUELDRE *

Bedrijvigheid van het Instituut voor Mijnhygiëne gedurende het jaar 1975

INTRODUCTION

omme chaque année, ce rapport d'activité ré-
ıe les études originales publiées durant l'exercice
isagé, mais il fait surtout mention des résultats
iels de recherches, toujours en cours, qui ont,
r la plupart, bénéficié d'une aide financière de la
nmission des Communautés Européennes.

n plus des examens systématiques de nombreux
riers, la Section Médicale s'est principalement
occupée de recherches épidémiologiques sur la
ıchite chronique, des effets ventilatoires de divers
ıchodilatateurs, de la standardisation des métho-
d'exploration fonctionnelle pulmonaire et de la
siopathologie des stades débutants de la
ıchite chronique.

raditionnellement, la Section Technique fait état
commente les résultats des mesures gravimétri-
s de poussières réalisées dans tous les bassins ;
a spécialement étudié certains aspects de la me-
de la pollution atmosphérique et le comporte-
ıt de fibres d'asbeste. Les travaux sur le perfec-
nement des moyens de lutte contre le grisou et les
ssières se sont poursuivis par application du pro-
é de prételé-injection d'eau en veine. Dans le do-
ne du climat et de la ventilation des mines, des
vés des caractéristiques aérodynamiques de cer-
s circuits et des étalonnages d'instruments de
ure sont régulièrement effectués. On décrit suc-
tement les objectifs d'une nouvelle recherche sur
ploitation industrielle du contrôle par ordinateur
a ventilation, faisant suite à une étude entreprise
l'application du process-control à l'aérage des
es.

INLEIDING

Zoals ieder jaar, vat dit aktiviteitsverslag de oorspronkelijke studies samen die tijdens het jaar 1975 werden gepubliceerd, maar het maakt vooral melding van de gedeeltelijke uitslagen van opzoekingen die nog niet beëindigd zijn en waarvan de meeste genieten van financiële steun uitgekeerd door de Commissie van Europese Gemeenschappen.

Buiten de systematische onderzoeken van een groot aantal arbeiders, heeft de medische afdeling zich voornamelijk toegelegd op de epidemiologie van chronische bronchitis, de ventilatoire werking van verschillende bronchodilatatoren, de standardisatie van de methodes aangewend voor longfunktieproeven en de fysiopathologie van de beginnende stadia van chronische bronchitis.

Traditie getrouw, maakt de technische afdeling melding van de uitslagen van de gravimetrische stofmetingen uitgevoerd in alle bekkens en geeft daarbij de nodige commentaar ; sommige aspekten van de meting van de luchtverontreiniging en van het gedrag van asbestvezels, werden met meer aandacht bestudeerd. De werkzaamheden over de verbetering van de bestrijdingsmiddelen tegen mijngas en -stof werden vervolgd door de toepassing van het pretele-injectieprocédé in de laag. Op het gebied van het klimaat en van de mijnventilatie, werden de aërodynamische kenmerken van sommige kringlopen opgetekend en werden de ijkingen van de meetapparatuur eveneens regelmatig uitgevoerd. Er wordt een bondige beschrijving gegeven van de doeleinden van een nieuwe opzoeking over de industriële exploitatie, door computer, van de ventilatiecontrole ; deze opzoeking is het vervolg van de studie over de toepassing van process-control op de mijnverluchting.

Directeur de l'Institut d'Hygiène des Mines, Havermarkt 22,
0 Hasselt.

* Directeur van het Instituut voor Mijnhygiëne, Havermarkt 22, 3500 Hasselt.

I. TRAVAUX DE LA SECTION MEDICALE

I. WERKZAAMHEDEN VAN DE MEDISCHE AFDELING

1. Travaux de routine

1. Routine-onderzoeken

Cette année, le Fonds des Maladies Professionnelles nous a sollicités pour l'examen complet de 1762 ouvriers mineurs (examen clinique, radiographie pulmonaire de grand format, éventuellement complétée par une tomographie, tests cardiopulmonaires,...).

Les charbonnages, les médecins traitants, les caisses de pension ont envoyé 66 cas litigieux, soit pour embauchage, soit pour mise au point quant à l'aptitude au travail, soit pour juger du droit à une pension prématurée.

Les sociétés africaines ont demandé par ailleurs 51 examens pour l'embauchage dans leurs chantiers d'outre-mer. De plus, la surveillance trimestrielle des risques silicotiques du personnel de ces sociétés s'est poursuivie (protocole de 242 radiographies).

Enfin, 28 membres du personnel du « Voorzorgskas der Kempen » ont subi l'examen complet de dépistage dans le courant du mois d'octobre 1975.

De medische afdeling heeft, op aanvraag va[n] Fonds voor de Beroepsziekten, het volledig me[di]sch onderzoek van 1762 mijnarbeiders verricht (klin[isch] onderzoek, radiografie groot formaat van de lon[gen], eventueel ook nog tomografie, hart- en longf[unc]tieproeven,...).

De kolenmijnen, de huisartsen en de Pensioen[kas]sen hebben 66 betwistbare patiënten gestuurd, h[etzij] voor aanwerving, hetzij voor op-puntstelling voor [wat] betreft de arbeidsgeschiktheid, hetzij voor ad[vies] aangaande rechten op vroegtijdig pensioen.

Afrikaanse maatschappijen hebben voor hun o[ver]zeese gebieden 51 aanwervingsonderzoe[ken] gevraagd. Daarbij werd de trimestriële kontrole v[an] stoflongengevaar van het personeel van genoe[mde] maatschappijen voortgezet (protocol van 242 [ra]diografies).

Eindelijk hebben, in de loop van de maand okt[ober] 1975, 28 personeelsleden van de Voorzorgskas [der] Kempen een volledig opsporingsonderzoek on[der]gaan.

2. Travaux de recherche

2. Onderzoekingen

A. RECHERCHES EPIDEMIOLOGIQUES SUR LA BRONCHITE

a. Enquête épidémiologique chez les mineurs et les métallurgistes

Cette recherche conduite par l'Institut Médical Ste-Barbe de Lanaken est actuellement terminée.

Le schéma de l'étude était basé sur la comparaison de deux groupes étendus de mineurs encore au travail dans deux entreprises charbonnières implantées dans des régions à pollutions atmosphériques générales différentes. Deux grands groupes d'ouvriers métallurgistes ont été choisis comme témoins dans les mêmes régions.

A. EPIDEMIOLOGISCHE OPZOEKINGEN VAN BRONCHITIS

a. Epidemiologische enquête bij mijnwerkers en bij arbeiders uit de staalnijverheid

Deze opzoeking die door het Medisch Instit[uut] Ste-Barbara van Lanaken werd geleid, is beëindig[d].

Het studieschema berustte op de vergelijking [van] twee uitgebreide groepen van mijnarbeiders tew[erk]gesteld in twee steenkolenmijnen. Deze mijnen [zijn] gevestigd in streken die, voor wat betreft de a[lge]mene luchtverontreiniging, verschillend zijn. [Als] controlegroepen werden twee belangrijke ar[bei]dersgroepen gekozen uit de staalnijverheid in [de]zelfde streken.

total, 676 mineurs ont été examinés dans la n peu polluée et 575 dans la région polluée. les deux entreprises métallurgiques, les chiffres ctifs dans ces mêmes régions étaient de 1284 et 3 ouvriers.

peut résumer les résultats de cette enquête en t qu'à tabagisme nul, les plaintes de bronchite nt significativement plus fréquentes chez les mi- s que chez les ouvriers métallurgistes. En outre, laintes étaient nettement plus fréquentes dans le onnage implanté en région polluée que dans implanté en région non-polluée.

r ailleurs, les plaintes de toux et d'expectoration accompagnées de dyspnée ont été très peu fré- tes chez les mineurs non-fumeurs en deçà des s pseudotumoraux. Ceci confirme les données e enquête antérieure dans une localité charbon- suggérant que ces plaintes n'ont pas de carac- spécifique lié à la profession de mineur.

r contre, la prévalence de la dyspnée est consi- blement plus élevée chez les mineurs que chez nétallurgistes. Ceci est également à rapprocher e observation faite antérieurement, lors d'une uête dans la population de Lanaken où les mi- s avaient également mentionné beaucoup plus laintes de dyspnée que des groupes témoins mineurs.

ez les mineurs, la dyspnée existe souvent me symptôme initial précédant la toux et les ex- orations, réalisant ainsi un tableau clinique qui re de celui des non-mineurs, où la dyspnée sur- en général après de nombreuses années de otomatologie de toux avec expectoration.

b. Enquête épidémiologique sur les effets de la pollution de l'air chez les enfants

tte étude est terminée sur le terrain. Une équipe 1 enquêteurs, recrutés et formés spécialement à fin par l'Institut Ste-Barbe, a examiné 1670 nts, dans le quadrilatère Bertrix, Libramont, château et Paliseul intéressé par l'examen. Les tats sont en voie de dépouillement (perforation iches en vue de leur exploitation statistique).

In de streek waar de luchtbezoedeling gering is, werden 676 mijnarbeiders onderzocht, terwijl er 575 werden onderzocht in de luchtverontreinigde streek. Voor de twee staalbedrijven waren de respektievelijke cijfers voor beide streken 1284 en 1218 arbeiders.

Wanneer men de resultaten van deze enquête samenvat kan men zeggen dat, voor de niet-rokers, de bronchitisklachten beduidend hoger lagen bij de mijnarbeiders dan bij arbeiders uit de staalnijverheid. Daarenboven kwamen deze klachten veelvuldiger voor in de kolenmijn gevestigd in de luchtverontreinigde streek dan in deze gevestigd in de streek waar de luchtverontreiniging gering is.

Overigens, waren de klachten over hoesten en expectoratie, zonder dyspnoe, zeer gering bij de mijnwerkers die niet rookten en die de pseudotumorale stadia niet hadden bereikt. Dit bevestigt de gegevens van een vroegere enquête uitgevoerd in een mijnstreek en die suggereerde dat deze klachten geen specifiek kenmerk hebben dat rechtstreeks in verband staat met het mijnwerkersberoep.

Daarentegen is de prevalentie van de kortademigheid merkelijk hoger bij de mijnwerkers dan bij de arbeiders uit de staalnijverheid. Hier kan eveneens een verband worden gelegd met een vroegere observatie tijdens een enquête gedaan bij de bevolking van Lanaken en waar de mijnwerkers ook veel meer dyspnoeklachten hadden dan de referentiegroepen van niet-mijnwerkers.

Bij de mijnwerkers is de kortademigheid vaak een initiaal symptoom dat hoesten en expectoratie voorafgaat ; men bekomt dan een klinisch beeld dat verschillend is van het beeld dat men bij de niet-mijnwerkers aantreft ; bij deze laatsten ontstaat dyspnoe gewoonlijk na meerdere jaren hoesten en opgeven van fluimen.

b. Epidemiologische enquête over de uitwerkingen van de luchtverontreiniging op kinderen

Deze studie werd ter plaatse afgewerkt. Een team van 11 personen werd voor dit doel door het Medisch Instituut Ste-Barbara van Lanaken speciaal aangeworven en opgeleid ; 1670 kinderen werden onderzocht in de gemeenten Bertrix, Libramont, Neufchâteau en Paliseul. Men werkt aan de ontcijfering van de bekomen resultaten (perforatie op fiches met het oog op statistische uitwerking).

c. Enquête longitudinale sur la bronchite chronique

Il s'agit d'une enquête qui doit s'effectuer, comme la recherche précédente, dans le cadre de l'Unité d'Epidémiologie de l'Université de Louvain. Elle bénéficie du support du Comité Ministériel pour la Programmation Scientifique du Gouvernement belge. Sa mise en train sur le terrain connaît cependant quelques retards.

A l'heure actuelle, le plan de travail est pratiquement établi. Les groupes d'enfants qui seront étudiés ont été définis. Le schéma général des examens qui seront pratiqués, notamment leur nature et leur rythme, a été déterminé en collaboration avec un groupe de travail de l'Université de Gand, également intéressé par cette enquête.

c. Gelijklopende enquête over chronische bronchitis

Het betreft een enquête die, zoals de vorige zoeking, zal uitgevoerd worden in het kader van Epidemiologisch Centrum van de UCL. Zij wordt steund door het Ministerieel Comité voor de tenschappelijke Programmatie van de Belgische gering. De aanvang ter plaatse kent nochtans e vertraging.

Op dit ogenblik, is het werkplan praktisch op steld. De groepen kinderen die zullen bestude worden werden bepaald. Het algemeen schema de onderzoeken die men zal uitvoeren, nl. de aar het ritme, werd op punt gesteld in samenwerking een werkgroep van de Universiteit van Gent eveneens voor deze enquête geïnteresseerd is.

B. EFFETS VENTILATOIRES DE DIVERS BRONCHODILATATEURS

Cette recherche, également poursuivie à Lanaken, a concerné les produits suivants :

- Le SK & F 40383, un β-sympathicomimétique d'action très sélective β-2 chez l'animal (30 sujets).
- La terbutaline en aérosol doseur (500 μg), en comprimés à la posologie de 5 mg et en injection sous-cutanée à la posologie de 0,5 mg (89 sujets).
- Le Sch 1000, un atropinique de synthèse extrêmement actif en aérosol vis-à-vis des spasmes bronchiques provoqués chez l'animal (94 sujets).
- Le C 325, une substance apparentée aux antihistaminiques, proche de l'Atarax et du Respacal donnant en laboratoire des effets bronchorelaxants très nets, curatifs ou préventifs, lorsque donnée par voie intraveineuse (48 sujets).
- Le produit MJ 9184, un β-sympathicomimétique extrêmement actif chez l'animal (5 sujets).

Au total, 215 patients hospitalisés, atteints de bronchospasmes réversibles par l'orciprénaline, éventuellement selon les cas par le méthylnitrate d'atropine, ont été inclus dans ces divers travaux.

Ces comparaisons ont conduit à des résultats dont certains sont publiés et les autres sous presse. On peut les résumer comme suit :

— A l'heure actuelle, le fénotérol paraît bien rester le β-sympathicomimétique le plus puissant disponible en aérosol doseur (400 μg) ne donnant sous cette forme qu'un minimum d'effets secondaires,

B. VENTILATOIRE UITWERKINGEN VAN VERSCHILLENDE BRONCHODILATATORE

Deze opzoeking, waaraan eveneens te Lana wordt gewerkt, behelst de studie van de volge produkten :

- De SK & F 40383, een β-sympathicomimetic dat, bij het proefdier, een zeer selectieve β-2 werking heeft (30 personen).
- De terbutaline in dosis-aërosol (500 μg), in 5 tabletten en in onderhuidse injectie aan een d van 0,5 mg (89 personen).
- De Sch 1000, een synthese atropineprepa dat, onder vorm van aërosol, bij het proef uiterst aktief reageert op de verwe bronchospasmen (94 personen).
- De C 325, een preparaat dat verwantschap toont met de antihistaminen, en best kan ve leken worden met Atarax en Respacal. Labor riumproeven wijzen op zeer duidelijke bron dilaterende werking, zowel curatief als prev tief, bij intraveineuze toediening (48 persone
- De MJ 9184, een β-sympathicomimeticum zeer aktief is bij het proefdier (5 personen).

In het totaal werden 215 gehospitaliseerde pe nen, aangetast door bronchospasmen die door c prenaline en eventueel door atropine methylnit reversibel zijn, bij deze verschillende onderzoe betrokken.

Deze vergelijkende studies hebben tot resulta geleid waarvan sommige reeds gepubliceerd zijn andere ter perse liggen. Men kan ze als volgt sam vatten :

— Voor het ogenblik schijnt fenoterol in d aërosol van 400 μg, nog altijd het meest krach β-sympathicomimeticum te blijven waarover men beschikken. Aan deze dosis heeft het preparaat m

me lors de la répétition du traitement chez des lades chroniques. Les avantages ventilatoires de aérosols consistent en une installation rapide des ets et une durée considérable de ceux-ci allant dans tains cas jusqu'à 7 heures après l'inhalation. En nprimés, le produit paraît par contre moins inté- sant : le rapport effets secondaires/effets nchodilatateurs est moins favorable sous cette me.

— La terbutaline en comprimés est plus intéres- te que le fénotérol par la même voie, notamment raison d'effets plus prolongés. En aérosol doseur, produit est par contre nettement moins intéressant le fénotérol à la posologie de 400 μg actuelle- nt utilisée par cette voie pour ce produit ; sous te forme, ses effets moyens sont inférieurs à ceux fénotérol et ils sont surtout de durée plus courte.

— Tant le fénotérol que la terbutaline sont bien érés en aérosol doseur. La terbutaline est bien to- ée en comprimés, mais le fénotérol l'est moins n.

— Le SK & F 40383 est un produit intéressant voie buccale mais ses effets restent légèrement érieurs à ceux du fénotérol, tandis qu'il exerce des ets hypertensifs légers sur les pressions systolique diastolique.

— Le Sch 1000, atropinique de synthèse, a en osol ordinaire et sous forme de doseur des effets nédiats similaires à ceux du méthylnitrate d'atro- e, mais de durée un peu plus courte. Aux doses rapeutiques, le produit est dépourvu d'effets as- iés défavorables sur l'accommodation, la vessie, rythme cardiaque et les muqueuses bucco- ryngées.

— Le C 325 donne des effets bronchodilatateurs portants par voie intraveineuse chez un nombre ité de sujets. Mais ses effets sont moins importants ceux des β-sympathicomimétiques ou du thylnitrate d'atropine. Dans de rares cas, le produit également actif en aérosol, mais il faut souligner la sibilité de diminutions paradoxales considérables VEMS après cette inhalation. Par ailleurs, le pro- t peut donner des effets associés importants con- ant en vertiges prononcés.

— L'étude pilote effectuée avec le MJ 9184 a mis d'établir que ce produit donne en comprimés, dose de 0,25 mg, des effets déjà appréciables ourvus d'effets secondaires importants ; la dose 0,50 mg pourrait être également intéressante ; posologie plus élevée paraît être associée à divers ubles vasculaires, notamment la tachycardie, de ure à limiter l'utilisation du produit en clinique.

Deux substances nouvelles ont fait par ailleurs ojet d'une première étude : l'ibutérol et le carbu- ol. Il s'agit de deux β-sympathicomimétiques

een minimum nevenwerkingen zelfs na herhaalde behandelingen bij chronische zieken. De ventilatoire voordelen van deze aërosol zijn de snelle uitwerkingen en de opmerkelijke lange duur van werking, gaande in sommige gevallen tot 7 uur na de inhalatie. Onder vorm van tabletten schijnt het produkt daarentegen minder interessant : de verhouding nevenwerkingen — bronchodilatatorische werking is minder gunstig in dit geval.

— Onder vorm van tabletten is terbutaline interessanter dan fenoteroltabletten, de uitwerking is nl. langduriger.

Het produkt is echter minder krachtig dan fenoterol in een aërosoldosis van 400 μg zoals momenteel aangewend ; de gemiddelde uitwerking van terbutaline-aërosols ligt beneden deze van fenoterolaërosols en ze is vooral van kortere duur.

— Zowel fenoterol als terbutaline worden in dosis-aërosol goed verdragen. Terbutaline wordt goed verdragen in tabletten, fenoteroltabletten worden het minder goed.

— SK & F 40383 is, langs de orale weg, een interessant produkt maar de uitwerking blijft lichtjes beneden die van fenoterol ; het preparaat heeft een lichte hypertensieve uitwerking op de systolische en diastolische druk.

— De Sch 1000, synthese atropinepreparaat, geeft als gewone aërosol en als dosis-aërosol onmiddellijke uitwerkingen gelijkaardig aan deze van atropine-methylnitraat, maar van kortere duur. Aan therapeutische dosissen heeft het produkt geen ongunstige uitwerking op de accomodatie, de blaas, het hartritme en de slijmvliezen van mond- en keelholte.

— De C 325 heeft langs intraveineuze weg een belangrijke bronchodilatatorische werking, bij een beperkt aantal personen. De uitwerkingen zijn echter minder belangrijk dan deze bekomen met β-sympathicomimeticum of atropine-methylnitraat. In zeldzame gevallen is het produkt ook aktief onder vorm van aërosol maar er dient onderlijnd dat belangrijke paradoxale verminderingen van de ESW mogelijk zijn na deze inhalatie. Overigens geeft het preparaat soms belangrijke nevenwerkingen onder vorm van uitgesproken duizeligheid.

— De spitsstudie met de MJ 9184 heeft geleid tot de vaststelling dat, toegediend onder vorm van tabletten gedoseerd à 0,25 mg, dit preparaat reeds waardevolle uitwerkingen gaf zonder belangrijke nevenwerkingen ; de dosis van 0,50 mg zou eveneens interessant kunnen zijn ; een nog hogere dosering zou gepaard kunnen gaan met vasculaire stoornissen, nl. tachycardie, hetgeen van aard zou zijn om het gebruik ervan klinisch te beperken.

Twee nieuwe samenstellingen waren overigens het onderwerp van een andere studie : ibuterol en carbuterol. Het betreft twee nieuwe β-sym-

nouveaux ayant chez l'animal une activité β-2 hautement spécifique. Les conclusions de ces deux essais ont été les suivantes :

— L'ibutérol a donné à la dose de 1500 μg en aérosol doseur chez 16 patients avec broncho-obstruction stable, des résultats pratiquement identiques à ceux de 400 μg de fénotérol sur le VEMS et la conductance spécifique. Le produit n'a pas donné d'effets associés défavorables sur le rythme cardiaque ni sur les tensions artérielles systolique et diastolique.

— Le carbutérol per os à la dose de 3 mg est doué de propriétés bronchodilatatrices importantes, supérieures à celles de l'orciprénaline en comprimés et aussi, mais dans une moindre mesure, à celles de la terbutaline en comprimés et du salbutamol au même dosage. Il est légèrement moins actif que 12 mg de fénotérol per os. Il paraît cependant être plus efficace que 5 mg de ce dernier.

La préparation entraîne néanmoins une tachycardie non négligeable de l'ordre de 10 puls/min entre la 1ère et la 3e heure après l'administration. Ceci pourrait être de nature à limiter les indications du produit, par exemple chez les cardiaques. Le carbutérol n'a pas modifié significativement les tensions artérielles systolique ni diastolique. Il a entraîné chez deux sujets des troubles électrocardiographiques de conduction, très sérieux dans un cas, mais du même type que ceux que peuvent produire le salbutamol, la terbutaline, le fénotérol et l'orciprénaline.

Deux autres produits sont enfin à l'essai :

— un dérivé de l'ibutérol paraissant plus actif et plus sélectif encore que ce dernier sous forme d'aérosol doseur et qui serait donc supérieur au fénotérol ;

— le SK & F 53705, un β-sympathicomimétique récent paraissant plus spécifique encore que le carbutérol produit par le même laboratoire ; le produit est étudié per os à 4 doses, respectivement 1 mg, 2 mg, 4 mg et 6 mg que l'on compare à un placebo et à 4 mg de salbutamol, en vue de déterminer sa dose optimale.

C. STANDARDISATION DE METHODES D'EXPLORATION FONCTIONNELLE PULMONAIRE

Dans le cadre des recherches sur les bronchodilatateurs, d'importantes études de standardisation sont aussi poursuivies à l'Institut Ste-Barbe de Lanaken. On y a notamment effectué cette année une comparaison visant à préciser l'influence des habitudes ta-

pathicomimetica die bij het proefdier een hog specifieke β-2 aktiviteit hadden. De gevolgtrekkinge van deze twee proefnemingen waren de volgende :

— Toegediend onder vorm van dosis-aërosol va 1500 μg/dosis, gaf ibuterol bij 16 patiënten m stabiele broncho-obstructie, resultaten die praktisc dezelfde waren als deze bekomen met 400 μg fen terol, voor wat betreft de ESW en de specifieke co ductance. Het produkt gaf geen ongunstige geass cieerde nevenwerkingen op het hartritme, noch op d systolische en diastolische arteriële druk.

— Carbuterol per os, aan een dosis van 3 mg bezit belangrijke bronchodilatatorische eigenscha pen ; ze overtreffen deze van orciprenaline in table ten en ook, maar in mindere mate, terbutaline table ten en salbutamol aan dezelfde dosis. Het produkt nochtans minder aktief dan 12 mg fenoterol, per o maar het schijnt doeltreffender te zijn dan 5 mg fe noterol.

Deze preparaten geven niettemin een niet te ve waarlozen tachycardie van zowat 10 pulsaties/m nuut tussen het eerste en het derde uur na de to diening. Dit zou van aard kunnen zijn om de to diening ervan te beperken bv. bij de hartpatiënte Beduidende wijzigingen van de systolische of d diastolische arteriële druk werden na carbuterol ni genoteerd. Het produkt gaf bij twee patiënte electrocardiografische geleidingsstoornissen die één geval zeer ernstig waren, maar van hetzelfde typ als deze die kunnen optreden na toediening va salbutamol, terbutaline, fenoterol en orciprenaline.

Eindelijk, liggen nog twee andere produkten te studie :

— een derivaat van ibuterol dat aktiever en se lektiever schijnt dan dit laatste, onder vorm van d sis-aërosol en dat het fenoterol preparaat zou ove treffen ;

— de SK & F 53705, een recent β-sym pathicomimeticum dat meer specifiek schijnt te zij dan carbuterol en dat eveneens door hetzelfde lab ratorium werd op punt gesteld ; het produkt werd pe os bestudeerd aan 4 dosissen, respektievelijk 1 mg, mg, 4 mg en 6 mg ; men vergelijkt het met ee placebo en met 4 mg salbutamol met het doel ee optimale dosering te bepalen.

C. STANDARDISATIE VAN DE METHODES VAN LONGFUNKTIEPROEVEN

In het kader van onderzoekingen over bronchod latatoren, doet men in het Medisch Instituut St Barbara ook aan belangrijke standardisatiestudie Men heeft nl. dit jaar een vergelijking uitgevoerd m het doel de invloed van de rookgewoonten te bepale

giques sur les valeurs de la spirométrie, du volume siduel, de la $D_{L, CO}$ et du volume de fermeture chez 40 sujets masculins normaux. Les premiers résul-s de cette étude ont été présentés le 18 octobre 975 à l'occasion de la réunion conjointe du Groupe Physiopathologie Respiratoire à l'Université d'An-rs en association avec la Société Belge d'Etudes ientifiques sur la Tuberculose et la Pneumologie.

— Le test le plus apte à détecter la maladie des tites bronches ou en tout cas des perturbations nctionnelles précoces est le test du volume de rmeture.

— Les tests moins sensibles ont été les débits piratoires moyens ou terminaux mesurés au spi-graphe. Ceci se comprend probablement par la trop ande variabilité entre individus de ces débits maxi-aux. Ainsi le $MMEF_{25-75}$ (maximal mid-expiratory w) n'est trouvé fréquemment abaissé que lorsque s sujets ont déjà un VEMS ou un VEMS/CV en ssous des limites normales.

— Chez les jeunes ou légers fumeurs, la phase /CV est plus fréquemment élevée que la pente al-olaire. L'inverse est par contre observé chez les meurs plus anciens ou aux fortes habitudes tabagi-ies.

— Enfin, aucun test, semble-t-il, ne peut déceler à i seul toutes les anomalies supposées représenter s altérations précoces réversibles ou irréversibles s petites bronches et de leurs supports.

D. PHYSIOPATHOLOGIE DES STADES DEBUTANTS DE LA BRONCHITE CHRONIQUE

Les recherches sur la physiopathologie des stades butants de la bronchite chronique et de l'emphy-me pulmonaire (qui ont permis au Dr. D. Stanescu obtenir en avril 1975, à la Faculté de Médecine de J.C.L., le titre d'agrégé de l'enseignement supé-ur) sont terminées dans leur première phase.

La bronchite chronique et l'emphysème sont des aladies chroniques, d'étiologie et de pathogénie al connues.

Caractérisée par une hypersécrétion muqueuse, la onchite chronique coexiste fréquemment avec mphysème, maladie destructive du parenchyme lmonaire. Dans la pratique clinique, leur séparation t malaisée. C'est une des raisons pour lesquelles s deux maladies ont été réunies avec l'asthme onchique, dont elles partagent certains mptômes, sous l'appellation de pneumopathies roniques obstructives (PCO). Obstructives, parce e du point de vue fonctionnel, la diminution du

op de spirometrische waarden, op het residueel volume, op de $D_{L, CO}$ en op het sluitingsvolume bij 140 gezonde mannen. De eerste uitslagen van deze studie werden op 18 october 1975 voorgelegd op de vergadering die gelijktijdig werd ingericht door de groep « Ademhalingsfysiopathologie » van de Universiteit van Antwerpen en de Belgische Vereniging voor Wetenschappelijke Studies van de Tuberculose en de Pneumologie.

— De meest geschikte test om aandoeningen van de kleine bronchi of in ieder geval vroegtijdige funktionele stoornissen op te sporen is het sluitingsvolume.

— Minder gevoelige testen waren de gemiddelde of de laatste expiratoire debieten gemeten met de spirograaf. Dit kan waarschijnlijk verklaard worden door het te groot verschil van deze maximale debieten van de ene persoon tot de andere. Een meestal verminderde $MMEF_{25-75}$ (maximal mid-expiratory flow) vindt men alleen maar bij personen waarvan de ESW of de ESW/VC beneden de normale grenzen liggen.

— Bij jonge of kleine rokers is de fase 4/VC frekwenter hoger dan de helling van het alveolair plateau. Men kan daarentegen juist het tegenovergestelde waarnemen bij reeds oudere of zware rokers.

— Op zichzelf kan waarschijnlijk geen enkele test ontdekken welke afwijkingen verondersteld zijn de vroegtijdige reversibele of niet-reversibele aandoeningen van de kleine bronchi en van hun steunweefsels op te sporen.

D. FYSIOPATHOLOGIE VAN DE BEGINNENDE STADIA VAN DE CHRONISCHE BRONCHITIS

De onderzoekingen over de fysiopathologie van de beginnende stadia van de chronische bronchitis en van het emfyseem zijn voor het eerste gedeelte beëindigd. Deze opzoekingen hebben toegelaten dat Dr. D. Stanescu in april 1975 de titel behaalde van geagregeerde van het Hoger Onderwijs aan de Faculteit van Geneeskunde van U.C.L.

Chronische bronchitis en emfyseem zijn chronische aandoeningen waarvan de etiologie en de pathogenie slecht gekend zijn.

Met als kenmerk een hypersecretie van de slijmvliezen gaat de chronische bronchitis dikwijls gepaard met longemfyseem, ziekte die het longparenchym afbreekt. Klinisch zijn ze moeilijk van elkaar te scheiden. Dit is één van de redenen waarvoor deze twee aandoeningen verenigd werden met bronchiaal asthma, (waarvan ze bepaalde symptomen delen) onder de benaming « chronische obstructieve pneumopathieën ». Obstructief omdat vanuit het funktioneel standpunt de vermindering van het kaliber van de

calibre de l'arbre bronchique, (syndrome obstructif) est le dénominateur commun de ces trois maladies.

La bronchite chronique et l'emphysème sont devenus un problème de santé publique : leur incidence s'accroît et elles représentent une cause importante de morbidité, d'incapacité de travail et une charge sociale et financière importante pour la communauté.

Le seul moyen, à présent, de limiter l'extension de ces maladies est de recourir à des mesures préventives. La première étape dans la prévention est la détection de la maladie à un stade précoce, asymptomatique ou symptomatique, avant l'apparition de lésions irréversibles.

Le peu de spécificité des symptômes et des signes cliniques pulmonaires, ainsi que l'avantage de pouvoir exprimer d'une manière quantitative les résultats, ont fait préférer les épreuves fonctionnelles pour la détection des pneumopathies obstructives.

Des études systématiques entreprises à partir de 1968, à l'aide de techniques nouvelles, ont montré, chez des sujets asymptomatiques ou symptomatiques, généralement fumeurs, l'existence d'une anomalie fonctionnelle, non révélée par des indices spirographiques, tels que le VEMS.

Vers la même époque et plus tard, les anatomopathologistes ont mis en évidence, aussi bien dans les stades avancés que précoces des pneumopathies obstructives, des lésions sténosantes des petites voies aériennes, à diamètre interne inférieur à 2 mm (ces sténoses étaient dues à des lésions fibrosantes inflammatoires et à des bouchons de mucus).

C'est aux auteurs de Montréal que revient le mérite d'avoir interprété de façon cohérente ces différentes données. Ces auteurs ont postulé que la pneumopathie obstructive débute par une atteinte élective des petites voies aériennes. On savait déjà que la résistance au flux de ces voies aériennes périphériques ne représente qu'une faible partie de la résistance pulmonaire totale.

Une obstruction importante, intéressant un grand nombre de ces voies aériennes périphériques, peut donc s'installer sans pouvoir être décelée par les épreuves fonctionnelles courantes, ni même par la mesure de la résistance pulmonaire totale.

Par contre, du fait de leur localisation, tout près de la zone d'échanges gazeux et de leur dissémination à travers le parenchyme pulmonaire, ces lésions périphériques entraînent une perturbation de la distribution de la ventilation et des échanges gazeux, démontrable dès les premiers stades de la pneumopathie obstructive.

La maladie des petites voies aériennes, ainsi qu'elle a été nommée, peut rester cliniquement muette ou être accompagnée seulement d'une toux banale de fumeur, alors qu'en fait elle continue d'évoluer.

bronchiale boom (obstructief syndroom) het geme schappelijk kenmerk is van deze drie aandoeninge

Chronische bronchitis en emfyseem zijn een p bleem van volksgezondheid geworden : hun f kwentie neemt toe en ze vertegenwoordigen e belangrijk ziektecijfer met werkonbekwaamheid betekenen een zware sociale en financiële last v de gemeenschap.

Tot op heden, is het enige middel om de uitbreid van deze ziekten te beperken, beroep doen op p ventiemaatregelen. Een eerste stap op gebied v preventie is het opsporen van de ziekte in een vro tijdig stadium, met of zonder symptomen, alvorens zich irreversibele letsels hebben ingesteld.

Het weinig specifieke van de symptomen en klinische pulmonaire tekens, alsook het voordeel resultaten kwantitatief te kunnen uitdrukken, hebb er toe geleid de longfunctieproeven de voorkeur geven om de obstructieve pneumopathieën op sporen.

Systematische studies ondernomen, sinds 196 met behulp van nieuwe technieken, hebben bij p sonen met of zonder symptomen, over 't algeme rokers, een funktionele stoornis aangetoond die d spirografische indices zoals ESW niet kon word achterhaald.

Bijna terzelfdertijd hebben de anatomopatholog zowel in vroegtijdige als in gevorderde stadia v chronische bronchitis en emfyseem, een stenc van de kleine luchtwegen, met interne diameter k ner dan 2 mm, aan het daglicht gebracht. Op h zelfde niveau werden fibreuze letsels, ontsteking mucusproppen beschreven.

Deze gegevens werden op een samenhangen manier geïnterpreteerd door de werkgroep v Montréal : deze auteurs hebben gesuggereerd c chronische bronchitis en emfyseem met een sel tieve aantasting van de kleine luchtwegen beginne

Aangezien de stromingsweerstand van de klei luchtwegen slechts een heel gering deel uitmaakt v de totale pulmonaire weerstand, kan hun obstruc noch door de routineproeven, noch door het met van de totale pulmonaire weerstand worden o dekt. Daarentegen zullen de voorkeurlokalisatie v de obstructie ter hoogte van de kleine luchtweg dichtbij de zone van de gasuitwisseling en de u zaaiing ervan in het longparenchym, een ongelijkm tige verdeling van de ventilatie en een verstoring v de gasdistributie teweegbrengen. Deze kunnen ree in de beginnende stadia van de obstructie pneumopathie worden waargenomen.

De « ziekte van de kleine luchtwegen » kan k nisch stilzwijgend zijn, of gepaard gaan met e slechts banale rokershoest, verwaarloosd door de p tiënt. Aldus kan de aandoening verborgen blijven

gligée par le patient, elle ne devient cliniquement dente qu'à un stade où la fonction pulmonaire est vement compromise.

ce stade, la maladie est invalidante et son évolu- ne peut plus être enrayée.

e concept de la maladie des petites voies aérien- est surtout un concept physio-pathologique, la turbation fonctionnelle essentielle étant l'inégalité distribution de la ventilation. Les premières nniques utilisées pour révéler cette anomalie ctionnelle furent des méthodes utilisant des gaz ioactifs et la mesure de la compliance pulmonaire ifférentes fréquences ventilatoires. La diminution la compliance à des fréquences élevées est la nnique la plus sensible pour démontrer la présence la maladie des petites voies aériennes. Toutefois, e technique, ainsi que celles utilisant les gaz ra- actifs, est délicate et ne se prête pas à l'étude des ndes collectivités.

Ces dernières années, la préoccupation majeure chercheurs a été de trouver de nouvelles techni- s, à la fois sensibles et relativement simples, des- es au dépistage précoce de l'atteinte de ces peti- voies aériennes.

Plusieurs épreuves ont été décrites récemment et taines, déjà anciennes, ont retrouvé un regain ntérêt. Trois d'entre elles ont retenu l'attention : la te du plateau alvéolaire de la courbe d'azote ex- , le volume de fermeture et les débits expiratoires ximaux (DEM), les deux premières ayant été spé- ement étudiées dans la présente recherche.

a. Pente du plateau alvéolaire de la courbe d'azote expiré

Cette technique, décrite par Comroe et Fowler, siste à inspirer de l'oxygène à partir du volume duel ou de la capacité résiduelle fonctionnelle et à surer ensuite, pendant l'expiration, la concentra- d'azote en fonction du volume expiré.

Sur un diagramme concentration d'azote/volume iré, quatre phases peuvent être observées. La sième phase, le plateau alvéolaire, fut utilisée par vler et Comroe comme indice de distribution de la tilation. A l'origine, la pente du plateau fut mesu- par la différence de concentration d'azote entre) et 1250 ml d'air expiré, et appelée plus tard dient d'azote. Une faible pente est présente chez ormal, elle est marquée chez le malade obstructif.

Chez le sujet normal, on explique la pente al- laire d'azote par la vidange, avec des débits in- ux, de territoires pulmonaires à concentration

geruisloos, gedurende jaren, evolueren ; ze openbaart zich klinisch slechts op een stadium waar haar vordering niet meer kan ingetoomd worden.

In dit stadium is de ziekte invaliderend en haar evolutie kan niet meer worden gestopt.

Het concept « ziekte van de kleine luchtwegen » is voor alles een fysio-pathologisch concept, de voornaamste funktionele stoornis zijnde de ongelijkmatige verdeling van de ventilatie. De eerste technieken die werden aangewend om de funktionele stoornis op te sporen waren methoden gebaseerd op radioaktieve gassen en het meten van de longcompliance bij verschillende ademfrekwenties. De vermindering van de compliance bij hoge frekwenties is de meest gevoelige proef om de ziekte van de kleine luchtwegen vast te stellen. Maar het is alleszins een delikate techniek, evenals deze waarbij radioaktieve gassen gebruikt worden ; hun toepassing is niet geschikt voor uitgebreide bevolkingsgroepen.

De laatste jaren hebben de onderzoekers de grootste aandacht besteed om nieuwe technieken te vinden, gelijktijdig gevoelig en relatief eenvoudig, be— stemd om de ziekte van de kleine luchtwegen vroegtijdig op te sporen.

Verschillende proeven werden onlangs beschreven en sommige — reeds lang gekend — zijn opnieuw in de belangstelling gekomen. Drie ervan hebben de aandacht weerhouden : de helling van het alveolair plateau van de expiratoire stikstofkurve, de sluitingskapaciteit en de maximale expiratoire debieten. De twee eerste werden in deze onderzoeking meer bijzonder bestudeerd.

a. Helling van het alveolair plateau van de expiratoire stikstofkurve

Deze techniek, beschreven door Comroe en Fowler, bestaat erin zuurstof in te ademen afkomstig van het residueel volume of van de funktionele residuele kapaciteit en vervolgens, tijdens de uitademing, de stikstof te meten in funktie van het expiratoir volume.

Op het diagram stikstofconcentratie/expiratoir volume, kunnen 4 fasen worden afgelezen. De derde fase, het alveolair plateau, werd door Fowler en Comroe weerhouden als indice voor de verdeling van de ventilatie. In het begin werd de helling van het plateau gemeten door het verschil van stikstofconcentratie tussen 750 en 1250 ml uitgeademde lucht en kreeg later de definitie « stikstofgradiënt ». Een zwakke helling komt voor bij normale personen ; in geval van obstructief syndroom is de helling uitgesproken.

Bij een normale persoon wordt de helling van de alveolaire stikstofkurve uitgelegd door de zuivering,

d'azote différente, donc une inégalité régionale de distribution de la ventilation. Chez l'obstructif, l'inégalité serait non seulement régionale, mais également intralobaire et intralobulaire, due à l'augmentation de la résistance et de la compliance locales.

Dans une première étude, D. Stanescu a comparé la sensibilité relative du gradient d'azote et des indices spirographiques chez 17 asthmatiques. L'administration d'un bronchoconstricteur puissant, l'acétylcholine, a modifié en moyenne et de façon significative le VEMS et le gradient d'azote. Toutefois, l'étude des cas individuels fait ressortir que, chez 8 des 17 patients, le VEMS n'était pas modifié alors que le gradient d'azote augmentait dans chaque cas de manière nette, chez la plupart significativement. Ces résultats suggèrent qu'une perturbation de la distribution de la ventilation peut être présente sans que le VEMS soit affecté. Cependant, le syndrome obstructif des pneumopathies chroniques obstructives pourrait être a priori différent du bronchospasme provoqué. Ainsi, on a comparé les mérites relatifs du gradient d'azote et des valeurs spirographiques dans un groupe de fumeurs asymptomatiques.

En fonction de la durée, courte ou longue, du tabagisme, les fumeurs ont été divisés en deux groupes, dont les caractéristiques biométriques étaient rigoureusement comparables à celles de deux groupes témoins de non-fumeurs.

Une période courte de tabagisme ne modifie aucun indice fonctionnel. Par contre, le fait d'avoir fumé pendant 30 ans en moyenne se traduit par une augmentation significative du gradient d'azote, tous les autres indices fonctionnels étant strictement comparables chez les fumeurs et les non-fumeurs. La mise en évidence d'une spirographie normale chez des fumeurs de longue date est en contradiction avec les résultats antérieurs. Toutefois, cette discordance n'est qu'apparente : les fumeurs, en effet, étaient strictement sélectionnés comme asymptomatiques.

A l'époque, ce travail fut l'un des premiers à mettre en évidence des perturbations fonctionnelles chez des fumeurs en bonne santé et apparemment normaux.

Du point de vue pratique, les résultats montrent qu'une épreuve beaucoup plus simple que les méthodes radio-isotopiques et la compliance pulmonaire à différentes fréquences pouvaient être utilisées pour déceler des anomalies fonctionnelles discrètes. Toutes ces épreuves, d'ailleurs, révèlent la même anomalie, l'inégalité de la distribution de la ventilation.

Ces résultats ont permis aussi de conclure qu'un groupe sélectionné de la population peut fumer pendant de nombreuses années et apparemment sans

samen met de ongelijkmatige debieten, van pulmonaire gebieden met verschillende stiks concentraties, dus een ongelijkmatige plaatse verdeling van de ventilatie. In geval van obstru syndroom zou de ongelijkmatigheid niet alleen p selijk maar tevens intralobair en intra-lobulair zij te wijten aan de toename van de lokale weerstan compliance.

In een eerste studie heeft D. Stanescu de rela gevoeligheid van het stikstofgradiënt en de spiro fische indices vergeleken bij 17 asthmalijders. toediening van een krachtige bronchoconstric acetylcholine, heeft gemiddeld en op beduide wijze de ESW en het stikstofgradiënt gewijzigd. studie van individuele gevallen heeft echter bij 8 de 17 patiënten aangetoond dat de ESW niet ge zigd wordt terwijl het stikstofgradiënt in ieder g duidelijk vermeerdert en meestal op beduide wijze. Deze resultaten suggereren dat een aantas van de verdeling van de ventilatie kan plaatsheb zonder dat de ESW afwijkt. Nochtans zou, a priori, obstructief syndroom van obstructieve chronis pneumopathieën kunnen verschillen van een wekte bronchospasme. Zo heeft men de relati voordelen van het stikstofgradiënt vergeleken me spirografische waarden bij een groep rokers zor symptomen.

In funktie van de lange of korte duur van he baksverbruik, werden de rokers in twee groepen deeld, waarvan de biometrische kenmerken na keurig vergelijkbaar waren aan deze van twee r rentiegroepen niet-rokers.

Roken gedurende een korte tijdspanne wijzigt g enkele funktionele parameter. Daarentegen verm dert, op beduidende wijze, het stikstofgradiën gedurende gemiddeld 30 jaar te hebben gerookt de andere funktionele parameters blijven nauwke vergelijkbaar in beide groepen. Het feit dat er norm spirografische parameters werden gevonden bij sonen die sedert jaren roken is tegenstrijdig vroeger gevonden resultaten. Deze tegenstrijdigh is slechts schijn : de geselektioneerde rokers wa inderdaad strikt asymptomatisch.

Dit werk was een van de eerste dat, destijds fu tionele stoornissen in het daglicht stelde bij roker goede gezondheid en ogenschijnlijk normaal.

Praktisch gezien wijzen de resultaten uit dat, discrete funktionele anomalieën op te sporen, n een veel eenvoudiger methode kan aanwenden de methode met radio-isotopen en longcomplia met verschillende frekwenties. Al deze testen wij overigens op één en dezelfde afwijking : een on lijkmatige verdeling van de ventilatie.

Deze resultaten hebben ook toegelaten te beslu dat een uitgekozen bevolkingsgroep gedure meerdere jaren mag roken zonder ogenschijnlijk g

r aucun risque. L'existence de ce type particulier meurs, résistant aux effets nocifs de la cigarette, reconnue récemment.

ıs tard, à partir d'un échantillon de 122 sujets ıaux âgés de 19 à 62 ans, D. Stanescu a établi ıormes de référence pour le gradient d'azote et a ié sa reproductibilité. Il existe une corrélation la valeur du gradient d'azote et l'âge, la pente olaire d'azote étant plus marquée chez les sujets que chez les jeunes, indifféremment du sexe. En ui concerne les fumeurs asymptomatiques, les iées antérieures ont été confirmées. La droite de ession du gradient d'azote en fonction de l'âge ignificativement plus grande chez les fumeurs.

partir de 35 ans, le gradient d'azote chez les eurs est statistiquement plus grand que chez les fumeurs.

reproductibilité du gradient d'azote, élément ntiel pour les études à long terme, s'est avérée bonne, la différence entre deux mesures, après ourt et un long intervalle de temps, étant petite et stiquement non-significative.

écemment, la mesure de la pente alvéolaire ote a retrouvé un regain d'intérêt et plusieurs urs ont confirmé sa sensibilité. Ainsi en utilisant technique légèrement différente chez 530 fu- rs, symptomatiques et asymptomatiques, Buist oss ont trouvé que 11 % d'entre eux avaient un S inférieur aux valeurs prédites, alors que chez % la pente alvéolaire était anormalement aug- tée.

b. Volume de fermeture (VF)

volume de fermeture est une application directe investigations faites avec des radioisotopes pour ier la distribution de la ventilation.

ɔrsqu'un faible volume de gaz inerte est inspiré à ir du volume résiduel, il se distribue de manière érentielle vers la partie supérieure des poumons. lors, en fin d'inspiration, une différence de con- ration s'établit entre l'apex et la base. L'explica- proposée pour cette distribution sélective de l'air ré est la fermeture des voies aériennes de la base début de l'inspiration. Pendant l'expiration ınte, sur un graphique concentration — volume ré, 4 phases peuvent être observées : la dernière espond à une augmentation plus marquée de la entration du gaz traceur. Cette 4e phase repré- la vidange des territoires supérieurs du non, avec une concentration élevée en gaz tra- .

volume compris entre le début de la phase 4 et le me résiduel a été appelé plus tard volume de

enkel gevaar te lopen. Dat deze uitzonderlijke groep rokers, die weerstand bieden aan de schadelijke invloeden van tabak, bestaan, werd onlangs bevestigd.

Nadien, heeft D. Stanescu, voor een groep van 122 normale personen van 19 tot 62 jaar oud, referentienormen opgesteld voor het stikstofgradiënt en de weergave ervan bestudeerd. Er bestaat een verband tussen de waarde van het stikstofgradiënt en de ouderdom, de alveolaire stikstofkurve zijnde meer uitgesproken bij de ouderen dan bij de jongeren, ongeacht het geslacht. Wat de asymptomatische rokers betreft, werden de vroegere gegevens bevestigd. De regressierechte van het stikstofgradiënt, in funktie van de ouderdom, is beduidend groter bij de rokers.

Vanaf de ouderdom van 35 jaar, is het stikstofgradiënt statistisch groter bij de rokers als bij de niet-rokers.

De weergave van het stikstofgradiënt — essentieel gegeven voor langdurige studies — is zeer goed ; het verschil tussen twee metingen, na een lange of korte tijdsinterval, is klein en statistisch niet beduidend.

De meting van de alveolaire stikstofkurve kende, in het recent verleden, een vernieuwde interesse en meerdere auteurs bevestigen er de gevoeligheid van. Door een licht verschillende techniek te gebruiken, bij 530 rokers met en zonder symptomen, vonden Buist en Ross dat 11 % onder hen een ESW hadden die lager lag dan de theoretische waarde, terwijl bij 47 % de alveolaire kurve abnormaal hoog was.

b. Sluitingsvolume

Het sluitingsvolume is een directe toepassing van proeven gedaan met radio-isotopen om de verdeling van de ventilatie te bestuderen.

Wanneer van het residueel volume een klein gedeelte inert gas wordt ingeademd, verdeelt dit zich op een preferentiële manier in het bovenste gedeelte van de longen. Aldus onstaat er, op het einde van de inspiratie, een concentratieverschil tussen de apex en de basis. De uitleg die voor deze selektieve verdeling van de ingeademde lucht wordt voorgesteld is de sluiting van de luchtwegen aan de basis bij het begin van de inademing. Bij de daaropvolgende uitademing kunnen, op een grafiek concentratie-uitgeademd volume, 4 fasen worden waargenomen : de laatste fase komt overeen met een meer uitgesproken verhoging van de concentratie van het « tracer »gas. Deze 4e fase vertegenwoordigt het ledigingsproces van de bovenste longdeeltjes waarin een hoge gasconcentratie aanwezig is.

Het volume tussen het begin van de fase 4 en het residueel volume werd later sluitingsvolume ge-

fermeture et il est exprimé en pourcentage de la capacité vitale ; la phase 4 plus le volume résiduel, c'est la capacité de fermeture, exprimée en pourcentage de la capacité totale.

Il n'y a pas de consensus dans la littérature quant à savoir si le volume de fermeture est dû à une fermeture anatomique des voies aériennes, ou à un arrêt de vidange de la base, les conduits bronchiques restant ouverts.

Si l'on accepte l'hypothèse d'une fermeture anatomique, elle n'est possible que si la pression transmurale de ces voies aériennes est négative, c'est-à-dire que la pression extérieure est plus élevée que celle existant à l'intérieur des bronches. De fait, en fin d'expiration, la pression pleurale est positive à la base et ceci peut expliquer la fermeture des voies aériennes. A un débit d'air nul ou pour des débits faibles, la pression pleurale est égale à la pression élastique pulmonaire, qui devient ainsi l'un des facteurs déterminants du volume de fermeture.

Une augmentation du volume de fermeture avec l'âge a été rapportée par plusieurs auteurs, dont Desmedts et D. Stanescu. Elle va de pair avec la diminution classique, en fonction de l'âge, de la pression élastique pulmonaire chez le sujet normal.

Différentes techniques sont utilisées pour mesurer le volume de fermeture. Elles peuvent être classées dans deux catégories. La première, appelée la méthode du « bolus », est celle qu'on vient de décrire, le gaz utilisé étant l'hélium, l'argon ou le xénon radioactif.

La deuxième technique, dite technique du gaz résiduel, est basée sur la dilution de l'azote alvéolaire par l'oxygène inspiré, en fait le test de Fowler déjà décrit.

La concentration d'azote est partout la même dans le poumon. Toutefois, à la fin de l'expiration, le volume résiduel régional à l'apex est plus grand qu'au niveau de la base. Pendant l'inhalation d'oxygène, les parties supérieures du poumon reçoivent moins de O_2 que les parties inférieures : en fin d'inspiration, la concentration d'azote sera donc plus grande à l'apex qu'à la base. La fermeture des voies aériennes, vers la fin de l'expiration, permettra d'éliminer des parties supérieures du poumon de l'air à concentration élevée d'azote.

A priori, les deux types de techniques peuvent fournir des résultats différents, puisque la distribution régionale du volume résiduel peut changer indépendamment de la fermeture des voies aériennes.

La technique de dilution de l'azote alvéolaire a fourni, chez des sujets normaux, des valeurs de VF comparables à celles obtenues par la technique du

noemd en wordt uitgedrukt in percent van de vit capaciteit ; de fase 4 samen met het residueel volu vormen de sluitingscapaciteit, uitgedrukt in perce van de totale longcapaciteit.

In de literatuur bestaat er geen consensus over vraag of het sluitingsvolume te wijten is aan een a tomische sluiting van de kleine luchtwegen of aan e stilstand van de lediging van de longbasis terwijl bronchi open blijven.

Indien men de hypothese van anatomische sluiti aanvaardt, is deze enkel mogelijk wanneer de tra murale druk van deze luchtwegen negatief is, d.w dat de druk hoger is aan de buiten- als aan binnenzijde van de bronchi. In feite is, op het ein van een expiratie, de pleurale druk positief aan basis, hetgeen de sluiting van de luchtwegen k verklaren. Bij zwakke- of nuldebieten is de pleura druk gelijk aan de elastische longdruk die aldus é van de determinerende faktors wordt van het sl tingsvolume.

Meerdere auteurs, waaronder Desmedt en S nescu, zijn de mening toegedaan dat het sluitingsv lume met de ouderdom toeneemt. Deze toename ga gepaard met de klassieke vermindering in funktie v de ouderdom, van de elastische longdruk bij norma personen.

Verschillende technieken worden aangewend vo het meten van het sluitingsvolume. Ze kunnen twee kategorieën worden gerangschikt. De eers kreeg de benaming van « bolusmethode » (ze we hierboven beschreven) ; het gas dat wordt gebruikt helium, argon of radioactief xénon.

De tweede techniek, de zogenaamde residue gastechniek, is gebaseerd op de mengeling van alveolaire stikstof door de ingeademde zuurstof ; feite is dit de Fowlertest die reeds eerder beschrev is.

De stikstofconcentratie is dezelfde over het gan longveld. Nochtans is, op het einde van de expirat het lokaal residueel volume aan de apex groter d het volume aan de basis. Gedurende de inademin krijgen de bovenste longdelen minder O_2 dan onderste : op het einde van de inademing is de sti stofconcentratie dus groter bij de apex dan aan basis. De sluiting van de luchtwegen op het einde v de expiratie, laat toe dat de lucht met een hoog sti stofgehalte uit de bovenste longdelen wordt ve wijderd.

A priori kunnen de twee technieken verschillen resultaten opleveren, vermits de lokale verdeling v het residueel volume kan veranderen, zonder de i vloed van de sluiting van de luchtwegen te onde gaan.

De techniek van « mengeling van de alveola stikstof » bij normale personen, gaf, voor wat betr het sluitingsvolume, waarden die met deze van

us. Ceci a été confirmé récemment par des mesu- simultanées du volume de fermeture à l'aide de deux types de techniques.

a méthode à l'azote est beaucoup plus simple et ins coûteuse, ce qui facilite la mesure du volume 'ermeture dans les enquêtes de masse.

a méthode à l'azote a toutefois un désavantage : lébut de la phase 4 est plus difficile à préciser, ce introduit une erreur d'interprétation. Ceci est dû 'ait que le gradient de concentration apex-base est s un rapport de 2 à 1 seulement pour la technique zote et de 15 à 1 pour la technique du bolus. Pour menter le gradient d'azote entre la base et le nmet, on a adopté une suggestion de Milic-Emili : sujet inspire d'abord 600 ml d'air (donc 80 % zote) et ensuite inhale de l'oxygène pur. Cette dification augmente la précision de lecture du vo- ie de fermeture.

AcCarty et ses collègues, les premiers, ont signalé igmentation du volume de fermeture chez des fu- urs, ayant pour la plupart des symptômes de nchite chronique, mais dont la spirographie et la stance des voies aériennes étaient normales.

Cette même constatation a été faite chez les fu- urs qui tous étaient asymptomatiques. Chez 32 ets en bonne santé, dont la moitié était des fu- urs asymptomatiques, on a mesuré divers indices ctionnels. Seul le volume de fermeture permettait séparer les fumeurs des non-fumeurs ; 4 fumeurs 16 avaient un volume de fermeture supérieur à la male, alors que tous les autres indices étaient maux. On a aussi constaté que le volume de neture est un test plus sensible que les débits iratoires maximaux, ce qui a été confirmé ulté- irement.

Deux facteurs peuvent expliquer l'augmentation du ume de fermeture dans les premiers stades de la umopathie obstructive, soit une diminution de la ssion élastique pulmonaire favorisant une ferme- plus précoce des voies aériennes, soit des modi- tions des propriétés mécaniques des voies aé- nes qui se ferment plus tôt, en dépit d'une pres- transmurale normale.

Dans un groupe de jeunes fumeurs, on n'a pas ivé de modifications de la compliance pulmonaire ique ou de la pression maximale négative, par port à un groupe contrôle. Ces résultats rejoignent x d'Ingram qui a mesuré simultanément le volume fermeture et la pression élastique pulmonaire : il ibue l'augmentation du volume de fermeture chez fumeurs à des modifications des propriétés méca- ues de la paroi bronchique.

« bolustechniek » kunnen worden vergeleken. Dit werd recent bevestigd door simultane metingen van het sluitingsvolume gedaan met de twee verschillende technieken.

De stikstofmethode is eenvoudiger en minder kostelijk, hetgeen de meting van het sluitingsvolume vergemakkelijkt tijdens massa-onderzoeken.

De stikstofmethode heeft chter een nadeel : men kan het begin van de fase 4 moeilijk bepalen, hetgeen interpretatiefouten kan geven. Dit is te wijten aan het feit dat het concentratiegradiënt apex-basis maar in een verhouding 2 tot 1 staat voor de stikstofmethode, waar ze voor de « bolusmethode » een verhouding 15 tot 1 aanneemt. Om het stikstofgradiënt te vermeerderen tussen de basis en de top, heeft Milic Emili de volgende suggestie gedaan : men laat de persoon in kwestie eerst 600 ml lucht inademen (dus 80 % stikstof) en vervolgens zuiver zuurstof. Door deze wijziging kan het sluitingsvolume met meer precisie worden afgelezen.

McCarty et al. waren de eersten die melding maakten van de toename van het sluitingsvolume bij rokers die voor het grootste gedeelte symptomen vertoonden van chronische bronchitis, maar waarvan de spirografische parameters en de weerstand van de luchtwegen normaal waren gebleven.

Dezelfde waarnemingen werden gedaan bij asymptomatische rokers. Men heeft bij 32 gezonde personen, waarvan de helft asymptomatische rokers waren, verschillende funktionele indices gemeten. Alléén het sluitingsvolume kon weerhouden worden als test om de rokers te scheiden van de niet-rokers ; 4 rokers op 16 hadden een sluitingsvolume boven het normale, terwijl al de andere indices normaal waren. Men heeft ook kunnen achterhalen dat het sluitingsvolume een meer gevoelige test is dan het meten van de maximale expiratoire debieten ; dit werd nadien bevestigd.

Twee faktoren kunnen de toename van het sluitingsvolume in de beginstadia van het obstructief syndroom uitleggen ; hetzij een vermindering van de elastische longdruk die een vroegtijdige sluiting van de luchtwegen zou bevorderen, hetzij wijzigingen van de mechanische eigenschappen van de luchtwegen die zich eerder afsluiten, niettegenstaande een normale transmurale druk.

Bij een groep van jonge rokers heeft men geen wijzigingen aangetroffen van de statische longcompliance of van de negatieve maximale druk, ten overstaan van een referentiegroep. Deze resultaten bevestigen deze van Ingram die gelijktijdig het sluitingsvolume en de elastische longdruk heeft gemeten : de toename van het sluitingsvolume bij de rokers kan, volgens hem, worden toegeschreven aan wijzigingen van de mechanische eigenschappen van de longwand.

Au contraire, Hoeppner a trouvé une diminution de la pression élastique pulmonaire chez les fumeurs, dont le volume de fermeture était également accru ; il attribue cette augmentation à une diminution de l'élasticité pulmonaire.

Ces résultats ne sont pas nécessairement contradictoires : ils suggèrent que, dès le début, la maladie peut évoluer dans deux directions : soit une atteinte de l'arbre bronchique et en premier lieu des petites bronches, soit une atteinte parenchymateuse conduisant à l'emphysème.

L'hypothèse, actuellement en vogue, suggère que les patients avec bronchite chronique et emphysème sont issus d'un groupe de sujets ayant une atteinte des petites voies aériennes, identifiée par une augmentation du plateau alvéolaire de la courbe expiratoire d'azote et par une augmentation du volume de fermeture. Cette hypothèse ne pourra être confirmée ou infirmée de manière définitive que par des études de type longitudinal.

Hoeppner heeft daarentegen een verminderin gevonden van de elastische longdruk bij de roke waarbij het sluitingsvolume eveneens vermeerde was ; hij schrijft deze vermeerdering toe aan een ve mindering van de elasticiteit van de longen.

Deze uitslagen zijn niet noodzakelijk tegenstrijdig zij suggereren dat, vanaf het begin, de ziekte ka evolueren in twee verschillende richtingen : hetzij ee aantasting van de bronchiale boom en op de eers plaats van de kleine bronchi, hetzij een aantasting va het longparenchym met als gevolg emfyseem.

De op dit ogenblik meest aanvaarde hypothe suggereert dat patiënten met chronische bronchi en emfyseem uit een groep van mensen komen d een ziekte van de kleine luchtwegen hadden; d ziekte kon worden vastgesteld door een vermeerd ring van de helling van het alveolair plateau van c expiratoire stikstofkurve en door een toename van h sluitingsvolume. Deze hypothese zal slechts definiti bevestigd of verworpen kunnen worden door verg lijkende studies die in de loop der jaren de evolut volgen.

II. TRAVAUX DE LA SECTION TECHNIQUE
II. WERKEN VAN DE TECHNISCHE AFDELING

1. Conimétrie. Lutte contre les poussières
1. Konimetrie. Stofbestrijding

A. PRELEVEMENT EXAMEN. ANALYSE DES POUSSIERES

a. Mesures gravimétriques de routine

Le nombre de prélèvements effectués au cours de l'année dans les chantiers souterrains a augmenté légèrement et s'élève à 1102. Cet accroissement résulte de la mise en application en fin d'année d'une nouvelle réglementation (1) qui impose notamment un triple contrôle mensuel des empoussiérages en taille.

Les résultats obtenus dans les 96 postes d'abattage différents contrôlés en dernier lieu suivant l'ancien règlement se répartissent selon des distributions (fig. 1) caractérisées par les valeurs médianes (m_g) et les dispersions relatives (s_g) suivantes :

concentration globale : m_g = 15,5 mg/m³,
s_g = 1,89 (8,2 — 29,3)
teneur en cendres : m'_g = 31 %
s'_g = 1,71 (18,1 — 53,0)

A. OPNAME. ONDERZOEK. STOFONTLEDING

a. Gravimetrische routinemetingen

Het aantal opnamen tijdens het jaar in de onde grondse werkplaatsen uitgevoerd, is lichtjes toeg nomen en bedraagt 1102. Deze aangroei is het g volg van de toepassing op het einde van het jaar va een nieuwe reglementatie (1), die namelijk ee drievoudige maandelijkse kontrole van de sto gehalten in de pijler oplegt.

De bekomen resultaten in de 96 verschillende a bouwposten, die nog volgens het oud reglemen werden gekontroleerd, worden ingedeeld (fig. 1) e gekenmerkt door de volgende meetkundige gemid delden (m_g) en relatieve afwijkingen (s_g) :

globale concentratie : m_g = 15,5 mg/m³
s_g = 1,89 (8,2 — 29,3)
asgehalte : m'_g = 31 %
s'_g = 1,71 (18,1 — 53,0)

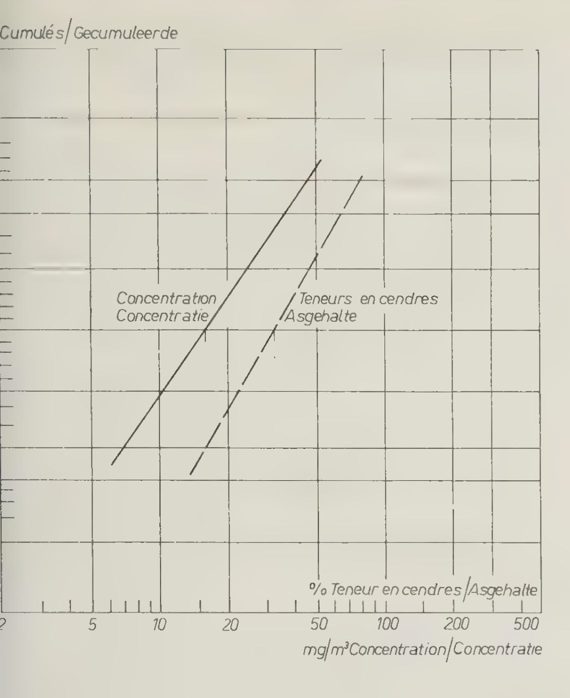


Fig. 1.
Répartition des concentrations gravimétriques et des teneurs en cendres — Situation d'ensemble à la fin de 1975.
Verdeling van de gravimetrische concentraties en van de asgehalten. — Toestand op het einde van 1975.

ır une production moyenne par poste contrôlé de 3 tonnes nettes et un débit d'air moyen égal à ,8 m³/s. Il y a ainsi en fin d'année 1975 : ,25 % des postes d'abattage en classe I, 16,7 % classe II, 1 poste sur les 96 en classe III et un autre III (1,04 %), soit 97,9 % en classes I et II (au lieu 98,3 % l'an dernier).

Le diagramme de classement des empoussiérages posé par la réglementation minière belge, est produit à la figure 2 ; le rectangle encadrant le point présentatif des valeurs médianes délimite une por-

voor een gemiddelde produktie per gekontroleerde post van 243 netto-ton en een gemiddeld luchtdebiet van 10,8 m³/s. Op het einde van het jaar 1975, bekomt men aldus dat 81,25 % van de afbouwposten tot klas I behoren, 16,7 % tot klas II, 1 post op de 96 tot klas III en één andere > III (1,04 %), wat overeenkomt met 97,9 % voor de kategorieën I en II (in plaats van 98,3 % vorig jaar).

Het diagram voor de klassering van de stofgehalten, opgesteld volgens de Belgische mijnreglementering, wordt voorgesteld in fig. 2 ; de rechthoek die het representatief punt van de middenwaarde

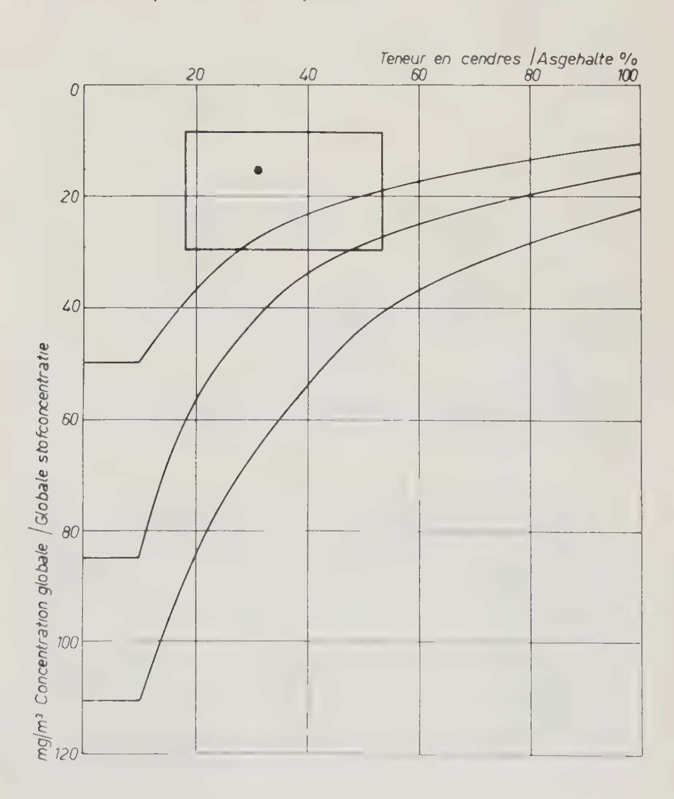


Fig. 2.
sultats des mesures gravimétriques de routine pour l'ensemble des bassins à la fin de 1975.
sultaten van de gravimetrische routinemetingen voor het geheel van de bekkens op het einde van 1975.

tion de ce diagramme dans laquelle on trouve 2 résultats sur 3.

L'évolution au cours des 5 dernières années se traduit de la façon suivante, pour l'ensemble du pays :

fin 1971 : 19 mg/m³ — 29,5 % cendres
pour 247 tn/p et 8,8 m³/s
fin 1972 : 17,5 mg/m³ — 30,5 % cendres
pour 232 tn/p et 9,1 m³/s
fin 1973 : 16 mg/m³ — 30,0 % cendres
pour 213 tn/p et 9,1 m³/s
fin 1974 : 16 mg/m³ — 29,2 % cendres
pour 241 tn/p et 9,8 m³/s
fin 1975 : 15,5 mg/m³ — 31,0 % cendres
pour 243 tn/p et 10,8 m³/s.

Par contre, la situation dans les différents bassins au 1er novembre 1975, est comparée dans le tableau I.

Pour apprécier la validité d'un tel clichage de la situation à un moment donné (1er novembre 1975), on a calculé quelles étaient les concentrations moyennes pondérées annuelles. En Campine notamment, 324 postes d'abattage au total ont été contrôlés et leur classement représente une période cumulée de 386 mois d'exploitation, pour 57 chantiers différents.

En prenant comme coefficients de pondérations les périodes pendant lesquelles les mesures représentent la situation de l'empoussiérage des chantiers considérés, les moyennes des concentrations en poussières et des teneurs en cendres, s'élèvent respectivement à 18,95 mg/m³ et 33,3 % cendres.

omgeeft, begrenst een deel van dit diagram waa zich 2 resultaten op 3 bevinden.

De evolutie tijdens de laatste 5 jaren is voor geh het land de volgende :

einde 1971 : 19 mg/m³ — 29,5 % as
voor 247 nt/p en 8,8 m³/s
einde 1972 : 17,5 mg/m³ — 30,5 % as
voor 232 nt/p en 9,1 m³/s
einde 1973 : 16 mg/m³ — 30,0 % as
voor 213 nt/p en 9,1 m³/s
einde 1974 : 16 mg/m³ — 29,2 % as
voor 241 nt/p en 9,8 m³/s
einde 1975 : 15,5 mg/m³ — 31,0 % as
voor 243 nt/p en 10,8 m³/s.

Daarentegen, wordt in tabel I de toestand in verschillende bekkens op 1 november 1975 verge ken.

Om de geldigheid van zulk een momentopname november 1975) na te gaan, heeft men de jaarlijk gewogen gemiddelde concentraties berekend. In Kempen werden namelijk in het totaal 324 bouwposten gekontroleerd en vertegenwoordigt hi klassement een gecumuleerde periode van 3 maanden uitbating voor 57 verschillende werkpla sen.

Wanneer men als wegingscoëfficiënten de perio neemt tijdens dewelke de metingen de toestand v het stofgehalte van de beschouwde werkplaats vertegenwoordigen, dan verhogen de gemidde concentraties en asgehalten respektievelijk tot 18, mg/m³ en 33,3 % as.

TABLEAU I. — Comparaison des résultats des mesures gravimétriques de routine
TABEL I. — Vergelijking van de resultaten van gravimetrische routine-metingen

	Campine *Kempen*	Sud *Zuiden*	Total *Totaal*	
Nombre de chantiers différents Contrôlés en dernier lieu	58	38	96	Aantal verschillende gekontroleerde werkplaatsen
Concentration médiane (mg/m³)	15	± 15	15,5	Meetkundig gemiddelde concentratie (mg/m³)
s_k	2	± 2,0	1,89	s_k
% cendres médian	27,2	± 38	31	Meetkundig gemiddeld asgehalte
s'_k	1,55	± 1,85	1,71	s'_k
Production moyenne tn/p	315,9	134,6	243	Gemiddelde produktie nt/p
Débit moyen m³/s	13,0	7,3	10,8	Gemiddeld debiet m³/s
% chantiers en				% werkplaatsen in
classe I	86,2	73,7	81,25	klas I
classe II	10,3	26,3	16,70	klas II
classe III	1,7	0	1,0	klas III
classe > III	1,7	0	1,0	klas > III

'ar ailleurs, à partir des valeurs médianes et des rts-types géométriques des distributions des contrations et des teneurs en cendres des 58 postes érents contrôlés en dernier lieu en Campine, on ıt estimer les valeurs moyennes de ces échantils. L'estimation de Sichel donne :

yenne des concentrations : 18,96 mg/m³
eur en cendres moyenne : 29,9 %.

ʌu seuil de confiance de 95 %, on peut dès lors ə que les vraies valeurs correspondant à la population des mesures de l'année écoulée se trouvent ıs les intervalles suivants :

ır la moyenne des concentrations :
le 15,6 à 25,15 mg/m³ et
ır la teneur en cendres moyenne :
le 26,6 à 33,65 %,

ervalles qui contiennent les moyennes pondérées ées précédemment.

On peut admettre que les échantillons considérés 1er novembre, malgré leurs imperfections, sont résentatifs de la situation qui était celle de l'année ɪulée.

D'autre part, depuis un an, en Campine, 42 % des ıntiers sont restés en classe I, alors que 26,3 % été classés au moins une fois en classe II et 21 % moins une fois en classe III ; 10,5 % ont dépassé te classe (situation se produisant généralement au narrage des tailles dans 6 cas sur 57).

Dans les bassins du Sud, un seul chantier a été ssé une fois en classe III depuis un an, et tous les res sont restés en classe I ou II.

l importe de rappeler à cet égard que le clichage de situation, effectué au début de l'année 1965, avait nné les résultats suivants pour l'ensemble du ys :

ıcentration médiane : 47 mg/m³
eur en cendres : 23,5 %,

ır une production moyenne de 135 tn par poste ıtrôlé.

L'amélioration des conditions de travail est incontable ; elle correspond, depuis 1965, à une réction des empoussiérages moyens de l'ordre de % et elle se traduit sur le plan médical par la ninution des valeurs de prévalence et d'incidence eumoconiotiques.

b. Comportement des fibres d'asbeste

Le dispositif de mise en suspension de poussières e capteur CPM_3 décrits l'année dernière (2) ont été ployés conjointement pour fabriquer des aérosols sbeste. Les fractions obtenues ont été examinées s le microscope : les fibres groupées en faisceau etrouvent bien dans la fraction grossière, mais les

Beschouwt men anderzijds de meetkundige gemiddelden en de meetkundige standaardafwijkingen van de stofconcentraties en asgehalten van de 58 verschillende en voor het laatst gekontroleerde afbouwposten in de Kempen, dan kan men de gemiddelde waarden van deze monsters schatten. De schatting van Sichel geeft :

gemiddelde van de concentraties : 18,96 mg/m³
gemiddelde asgehalten : 29,9 %.

Met een vertrouwingsniveau van 95 % kan men zeggen dat de echte waarden, die overeenstemmen met het globaal aantal metingen van het afgelopen jaar, zich in de volgende intervallen bevinden :

voor het gemiddelde van de concentraties :
van 15,6 tot 25,15 mg/m³ en
voor de gemiddelde asgehalten :
van 26,6 tot 33,65 %,

intervallen die de gepondereerde gemiddelden, hierboven aangehaald, bevatten.

Men mag aannemen dat de monsters van 1 november, niettegenstaande hun onvolmaaktheden, representatief zijn voor de toestand van het verlopen jaar.

Van de andere kant zijn in de Kempen, sedert één jaar, 42 % van de werkplaatsen in klas I gebleven, terwijl 26,3 % tenminste één keer in klas II werden geklasseerd en 21 % tenminste één keer in klas III ; 10,5 % hebben deze categorie overschreden (deze toestand doet zich over het algemeen voor bij het starten van de pijlers in 6 gevallen op de 57).

In de bekkens van het Zuiden, werd sedert een jaar een enkele werkplaats een keer in categorie III aangetroffen ; al de anderen zijn in klas I of II gebleven.

In dit opzicht is het van belang te herinneren dat de toestand, bij het begin van het jaar 1965, voor geheel het land de volgende was :

meetkundig gemiddelde : 47 mg/m³
asgehalte : 23,5 %

voor een gemiddelde produktie van 135 n.t. per gekontroleerde post.

Een verbetering van de werkvoorwaarden, sedert 1965, stemt ontegensprekelijk overeen met een vermindering van gemiddeld 67 % van de stofgehalten en komt op gebied van stoflongen tot uiting door een vermindering van prevalentie- en incidentiewaarden.

b. Gedragingen van asbestvezels

Het toestel om stof in suspensie te brengen en de stofvanger CPM_3, vorig jaar beschreven (2), werden samen gebruikt om, asbestaërosols te produceren. De bekomen fracties werden onder de microscoop onderzocht. De vezels, enerzijds gegroepeerd in een bundel, anderzijds in afzonderlijke staat, worden

fibres « fourchues » se répartissent entre les deux lots et de nombreuses fibres simples font partie de la fraction « respirable ». On s'est efforcé de dénombrer les fibres en fonction de leur largeur et de leur longueur ; elles ont été caractérisées selon Walkenhorst (3) par leur diamètre équivalent

$$D_e = \sqrt[3]{(3/2)D^2L}$$

où D est le diamètre de la fibre et L sa longueur. En rapportant les résultats à la composition totale, on trouve que les poussières se comportant comme « respirables » dans l'appareil comprennent 80 ... 70 % des fibres de longueur inférieure à 50 µm (D_e variant de 1,1 à 6,7 µm) et encore 60 % des fibres plus longues (jusqu'à plus de 130 µm). La composition hétérogène de cette fraction fine milite en faveur de la méthode employée au Staubforschungsinstitut de Bonn ; celle-ci se base en effet sur la masse de poussières respirables captées (appareil Gravikon VC 25) plutôt que sur le nombre de fibres d'un certain diamètre (4).

c. Mesure de la pollution atmosphérique générale

On a décrit l'année dernière (2) l'appareil automatique « SF » (Soufre-Fumées) installé à l'Institut d'Hygiène des Mines et discuté les résultats moyens de la pollution due aux fumées sur une période de un an. L'attention s'est portée depuis sur l'étude des mesures enregistrées pendant la « mauvaise saison », période pendant laquelle le chauffage domestique a l'occasion d'intervenir dans la pollution générale. On a tenu compte des indications fournies par un thermomètre enregistreur placé sous un abri météorologique au centre du jardin de l'Institut et normalisé le calcul de l'indice de froid I_F (proportionnel à la somme des écarts des températures bi-horaires par rapport à 18 et non plus à 15°C) ; les résultats disponibles s'étalent du 26 novembre 1974 au 30 avril 1975. L'analyse de variance appliquée aux mesures permet de retrouver l'influence bénéfique de la pluie, déjà mise en évidence à propos des fumées, et d'étendre cette propriété à la pollution par SO_2. Les figures 3 et 4 représentent l'évolution de ces deux types de pollution en fonction de l'indice de froid et pour trois valeurs de la pluviosité moyenne. Malgré une certaine dispersion des points expérimentaux, la variation d'inclinaison des droites représentatives fait nettement ressortir l'influence de la pluie, même dans le cas de faibles précipitations. Par ailleurs, on a installé un deuxième appareil SF de façon à prélever l'air dans une rue située à l'opposé du jardin par rapport au bâtiment de l'Institut d'Hygiène des Mines. Quoique ces mesures soient encore en cours d'étude, on peut signaler que, pour la pé-

respectievelijk in de grove en inadembare frac teruggevonden, doch de « gespleten » vezels w den tussen de twee loten verdeeld. Men he getracht de vezels in functie van hun breedte en h lengte te tellen ; zij worden volgens Walkenhorst t gekenmerkt door hun equivalente doormeter.

$$D_e = \sqrt[3]{(3/2)D^2L}$$

waar D de diameter van de vezel is en L de leng Wanneer de resultaten teruggebracht worden tot d totale samenstelling, vindt men dat de stofdeeltjes zich gedragen als « inadembare » in het toestel, ... 70 % van de vezels bevatten waarvan de len kleiner is dan 50 µm (D_e varieert van 1,1 tot 6,7 µ en daarbij steeds 60 % vezels tot meer dan 130 µ De heterogene samenstelling van deze fijne frac valt in het voordeel uit van de methode die door h Staubforschungsinstitut van Bonn gebruikt word dit baseert zich inderdaad eerder op de massa op nomen inadembare stofdeeltjes (toestel Gravikon 25) dan op het aantal vezels van een zekere doorm ter (4).

c. Meting van de algemene atmosferisch luchtverontreiniging

Vorig jaar (2) hebben we het automatisch toes « SF » (Rook-Zwavel) beschreven dat door het In tuut voor Mijnhygiëne werd geïnstalleerd, en de middelde resultaten (over een periode van een ja van de verontreiniging te wijten aan rook besproke Onze aandacht ging sedertdien naar de studie v metingen uitgevoerd gedurende het « slech seizoen » wanneer de huisverwarming de ge genheid had om in de algemene verontreiniging e rol te spelen. Men heeft rekening gehouden met aanduidingen van de registreer-thermometer onder een meteorologische hut geplaatst werd in h midden van de hof van het Instituut, gelegen aan achterkant van het gebouw ; de rekening van koude-index werd tevens genormaliseerd (evenre met de som van de twee-uurlijkse temperatuu verschillen, in vergelijking met 18° en niet meer m 15°C) ; de beschikbare resultaten gaan van 26 n vember 1974 tot 30 april 1975. De varianteanalys toegepast op de metingen, laat toe de voordelige vloed van de regen, welke reeds op de voorgro geplaatst werd naar aanleiding van de rook, terug vinden en de gunstige uitwerking van deze genschap op de verontreiniging door SO_2 te kunn vaststellen. De figuren 3 en 4 illustreren de evolu van deze twee typen verontreiniging in funktie van koude-index en, voor drie waarden, van de gem delde regenval.

Niettegenstaande een zekere verspreiding van experimentele punten, doet de helling-veranderi van de representatieve rechten duidelijk de invlo

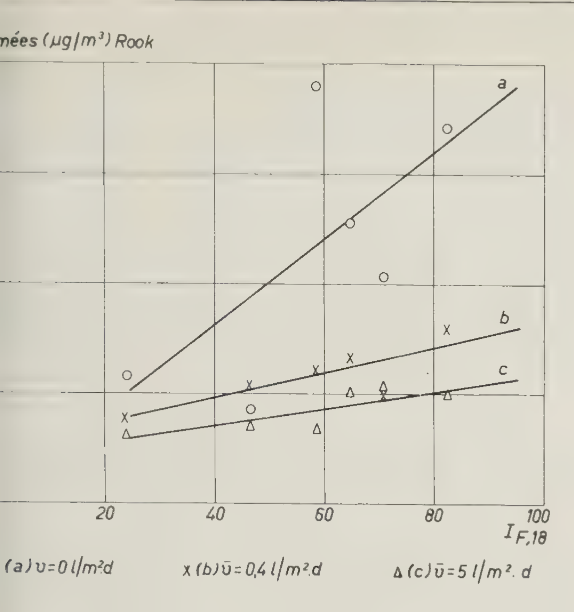


Fig. 3.
tion générale par les fumées en fonction de l'indice de froid, pour des pluviosités différentes.
mene pollutie door rook in funktie van de koude-index, voor verschillende vormen van regenneerslag.

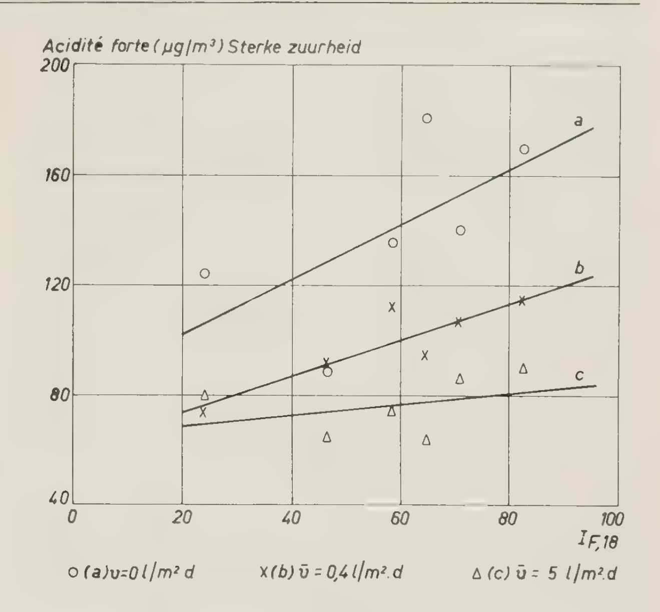


Fig. 4.
Pollution par SO_2 en fonction de l'indice de froid, pour des pluviosités différentes.
Pollutie door SO_2 in funktie van de koude-index, voor verschillende vormen van regenneerslag.

e de mai à septembre inclus, la pollution du côté est nettement moins élevée les jours fériés que les s ouvrables, la réduction étant de l'ordre de 35 et % respectivement pour les fumées et l'acidité e ; en cette période de « bonne saison » où on ne t mettre en cause le chauffage des locaux, la difnce enregistrée est probablement due à une vaon dans le trafic automobile.

es variations montrent à suffisance que les seules ures de fumées et de SO_2 peuvent être d'inrétation difficile lorsqu'il s'agit de discuter les réats d'enquêtes épidémiologiques faites notamt sur la bronchite chronique.

d. Travaux divers

n tant qu'organisme agréé pour la mesure de la ution dans l'industrie, l'Institut d'Hygiène des es a été sollicité pour plusieurs expertises : oussièrement dans un atelier travaillant oeste, granulométrie et silice libre de poussières ernit, dosage du cyanure dans l'air d'un atelier de

van de regen uitkomen, zelfs in geval van zwakke neerslag. Daarbuiten heeft men een tweede toestel SF geïnstalleerd om lucht op te nemen in een straat gelegen aan de voorkant van de gebouwen van het Instituut voor Mijnhygiëne. Ofschoon deze metingen nog niet beëindigd zijn, kan men doen opmerken dat, voor de periode van mei tot september inbegrepen, de pollutie aan de straatkant duidelijk minder hoog is op feestdagen dan op werkdagen.

Deze vermindering is van de orde van 35 en 18 % respektievelijk voor de rook en de sterk-zuurheid ; in deze periode van het « goede seizoen » waar de verwarming van de lokalen geen oorzaak meer kan zijn, is het vastgestelde verschil te wijten aan een verandering in het gemotoriseerd vervoer.

Deze variaties tonen voldoende aan dat de brutorook- en SO_2-metingen moeilijk geïnterpreteerd kunnen worden, wanneer het gaat om de resultaten van epidemiologische onderzoeken vooral voor wat betreft de chronische bronchitis.

d. Verschillende werkzaamheden

Het Instituut voor Mijnhygiëne werd als aangenomen organisme voor de meting van de verontreiniging in de industrie, voor meerdere onderzoeken geraadpleegd : stofontwikkeling in een asbestwerkplaats, granulometrie en vrij silicium-dioxyde van eternitstof, doseren van cyanide in de lucht van

traitement de pièces métalliques, mesure d'aérosols chimiques (soude caustique, acide sulfurique) dans une usine de fabrication d'aluminium anodisé, mesure de la pollution par l'oxyde de carbone dégagé par des chariots dans une fabrique de réfractaires. Par ailleurs, le laboratoire a étudié la granulométrie de poussières de charbon en vue de la mise au point d'un élutriateur dans une sonde de mesure de température à installer dans les chantiers souterrains.

B. PROCEDES DE LUTTE CONTRE LES POUSSIERES

Les essais sur le « Perfectionnement des moyens de lutte contre le grisou et les poussières » — par application du procédé de prételé-injection d'eau en veine — se sont poursuivis au siège de Zolder des Kempense Steenkolenmijnen. Ils ont montré une fois de plus que la prételé-injection, même si elle ne traite qu'un panneau de 250 à 300 m de longueur, est réellement efficace et qu'elle favorise la production tout en réduisant les empoussiérages. Par ailleurs, il peut y avoir une diminution du dégagement spécifique de CH_4 sans majoration sensible du dégagement total.

— Les expériences signalées l'an dernier dans les panneaux 64/71 A et 71 B, au cours desquelles on a pu mettre en évidence une loi de progression du front d'eau en fonction du temps (2), ont permis d'établir que le déhouillement de la taille 64/71 A s'est fait :

en juin 1974, en couche traitée par prételé-injection, au-dessus de la couche 71 B, non encore imprégnée ;

à partir de juin 1974 et ce, jusqu'en septembre, en couche traitée par prételé-injection, au-dessus de la couche 71 B également prételé-injectée.

On a notamment pu constater qu'*à surfaces déhouillées égales* (de 600 à 800 m²), le débit journalier de grisou passait de 11.550 m³ (en juin) à 9.510 m³ (à partir de juin), soit une diminution du dégagement total de 17,5 % en moyenne (de 22,2 à 13,5 %). La diminution des indices de désorption de la couche exploitée en 71 A (ce qui n'a d'ailleurs d'influence que sur le dégagement dit fondamental) ne peut justifier une telle réduction du dégagement total. Il semble donc que le dégagement de grisou soit plus faible lorsqu'une taille prételé-injectée surplombe une couche également imprégnée d'eau par prételé-injection (distance 8 à 10 m). Il faut signaler aussi, qu'à partir du moment où le front de la taille 64/71 A a atteint le « front d'eau », à 200 m du point d'impact du sondage d'adduction, et *sans autre pré-*

een werkhuis waar metalen stukken behandeld w den, meting van scheikundige aëros (natriumhydroxyde, zwavelzuur) in een fabriek wa men aluminium behandelt, meting van de pollu door koolstofmonoxyde, afkomstig van de v voerwagens in een fabriek van vuurvaste stee Overigens heeft het laboratorium de granulomet van kolenstof bestudeerd om de op-puntstelling bereiken van een elutriator in een sonde beste voor temperatuursmeting in de ondergrondse w ken.

B. STOFBESTRIJDINGSPROCEDES

De proeven over de « vervolmaking van de best dingsmiddelen tegen mijngas en stof » — door to passing van het procédé van de pretele-injektie in laag — werden voortgezet in de zetel Zolder van Kempense Steenkolenmijnen. Ze hebben eens meer aangetoond dat de pretele-injektie, zelfs indi enkel een paneel van 250 à 300 m lengte behande wordt, werkelijk doelmatig is en dat zij de produk bevordert met daarbij een vermindering van het st gehalte. Daarbuiten, kan men er een verminderi van de specifieke gasuitstroming van CH_4 verkrijg zonder een gevoelige vermeerdering van de tota gasontwikkeling.

— De reeds vermelde proeven van vorig jaar in panelen 64/71 A en 71 B, tijdens dewelke men e wet van voortplantingssnelheid van het waterfront funktie van de tijd (2) heeft kunnen opstellen, hebb toegelaten te bevestigen dat de ontginning van pijler 64/71 A heeft plaats gegrepen :

in juni 1974 in een behandelde laag met prete injektie, boven een nog niet behandelde laag 71

vanaf juni 1974 en dit tot in september, in een la behandeld met pretele-injektie, boven een voo ingespoten zone van 71 B.

Men heeft vooral kunnen vaststellen dat, voor g lijke ontgonnen oppervlakten (600 tot 800 m²), h dagelijks mijngasdebiet van 11.550 m³ (in juni) t 9.510 m³ (vanaf juni) afnam, hetzij een verminderi van de totale gasuitstroming van gemiddeld 17,5 (van 22,2 % tot 13,5 %). De vermindering van desorptie-indices van de ontgonnen laag 71 A (h geen enkel invloed heeft op de fundamentele gasu stroming) kan een zodanige vermindering van ga ontwikkeling niet verrechtvaardigen. Het schijnt d dat de mijngasuitstroming zwakker wordt wanne een vooraf ingespoten pijler een laag overlapt, d eveneens met pretele-injektie behandeld wordt (a stand 8 à 10 m). Men moet ook vermelden, dat van het ogenblik waar het pijlerfront 64/71 A het w terfront heeft bereikt, op 200 m van het impactpu van de toevoerboring, en zonder een andere preve

tion que la prételé-injection, les concentrations en ssières globales ont été inférieures à 30 mg/m³ r une production de 1147 tonnes nettes par jour, juin (ces teneurs en poussières globales cor- ondant à 6 ... 7 mg/m³ de poussières « respira- » captées au moyen d'un appareil de type MRE).

– Malgré l'arrêt prématuré de la prételé-injection s le panneau 02/77 (par suite d'une rupture de alisation due à un manchon défectueux), les pré- ments se sont poursuivis en taille pour pouvoir récier l'injectabilité de cette couche, l'essai de- t consister à comparer une zone traitée à proximité montage à une zone située au-delà du sondage duction d'eau. Les teneurs en humidité mesurées blocs de charbon in situ et sur le 0/10 brut pré- à l'abattage ont montré que la quantité d'eau ctée relativement faible (169 m³) avait cependant voqué un accroissement de la teneur moyenne en du massif sur une centaine de mètres de chas- : ... 2,5 % ... sur 0/10, en février et mars 75, au lieu de 2,1 à 2,2 % sur 0/10, en no- bre 1974 et mai 1975.

es performances réalisées dans le chantier ont été lleures lorsque le front de taille a atteint la zone ée ; l'avancement moyen journalier est passé de 9 m en janvier, à 2,42 m en février, 2,71 m en s pour redescendre à 2,31 m en avril (sondage duction repéré en taille le 10 mars). Durant ces 4 s, les productions moyennes journalières brutes ettes ont évolué comme suit :

nvier :	1775 tb	et	1158 tn
évrier :	2010 tb	et	1303 tn
ars :	2168 tb	et	1374 tn
vril :	1875 tb	et	1255 tn

n zone partiellement traitée (février-mars), les ductions ont été majorées de l'ordre de 16 à 17 % rapport à celles de janvier et avril.

– Un essai de prételé-injection partielle a égale- nt été réalisé dans le panneau 72/71 A. Malgré la le quantité d'eau mise en place (226 m³), on a nmoins pu noter une variation de production et diminution des empoussiérages au moment où la e se rapprochait du sondage d'amenée d'eau (en bre).

'évolution de la production du chantier a en effet :

et 1975 :	17.128 tn pour 18 jours ouvrés,
t 1975 :	21.595 tn pour 20 jours ouvrés,
embre 1975 :	23.756 tn pour 22 jours ouvrés,
bre 1975 :	30.071 tn pour 23 jours ouvrés,
embre 1975 :	17.625 tn pour 18 jours ouvrés,
embre 1975 .	9.483 tn pour 14 jours ouvrés.

n a mesuré en octobre une concentration de dre de 36 ... 37 mg/m³ à 28,3 % de cendres vimétrie globale) pour une production de 1300

tie behalve de pretele-injektie, de globale stofconcentraties beneden de 30 mg/m³ komen te liggen voor een produktie van 1147 netto-ton per dag in juni (deze globale stofgehalten stemmen overeen met 6 à 7 mg/m³ « inadembare » stofdeeltjes opgenomen door middel van een toestel van het type MRE).

— Niettegenstaande een vroegtijdige stopzetting van de pretele-injektie in het paneel 02/77 (als gevolg van een breuk van de leiding te wijten aan een defecte mof), werden de opnamen in de pijler verdergezet, om de injektabiliteit van deze laag te kunnen ramen, door een behandelde zone in de nabijheid van de doortocht te vergelijken met een zone voorbij de watertoevoerboring. De vochtigheidsgehalten op de kolenblokken ter plaatse hebben aangetoond dat de betrekkelijk kleine hoeveelheid ingespoten water (169 m³) nochtans een stijging van het gemiddeld watergehalte van het massief had veroorzaakt over een honderdtal meter vooruitgang : ... 2,5 % op de 0/10 in februari en maart 1975, in plaats van 2,1 à 2,2 % op de 0/10 in november 1974 en mei 1975.

De uitgevoerde prestaties in de pijler verbeterden toen het pijlerfront de behandelde zone bereikte ; de gemiddelde dagelijkse vooruitgang is van 2,09 m in januari gestegen tot 2,42 m in februari en 2,71 m in maart om opnieuw tot 2,31 m af te nemen in april (de toevoerboring werd op 10 maart in de pijler ontdekt). Tijdens deze 4 maanden, zijn de gemiddelde bruto en netto dagelijkse produkties als volgt geëvolueerd :

januari :	1775 bt	en	1158 nt
februari :	2010 bt	en	1303 nt
maart :	2168 bt	en	1374 nt
april :	1875 bt	en	1255 nt

De produkties in de gedeeltelijk behandelde zone (februari-maart) lagen 16 à 17 % boven deze van januari en april.

— Een proef van gedeeltelijke pretele-injektie werd eveneens in het paneel 72-71 A verwezenlijkt. Niettegenstaande de kleine hoeveelheid ingespoten water (226 m³), heeft men niettemin een produktieverandering en een vermindering van de stofgehalten kunnen noteren op het ogenblik waar de pijler de watertoevoerboring naderde (in oktober).

De evolutie van de produktie van de pijler was inderdaad :

juli 1975 :	17.128 nt voor 18 werkdagen
augustus 1975 :	21.595 nt voor 20 werkdagen
september 1975 :	23.756 nt voor 22 werkdagen
oktober 1975 :	30.071 nt voor 23 werkdagen
november 1975 :	17.625 nt voor 18 werkdagen
december 1975 :	9.483 nt voor 14 werkdagen

In oktober heeft men een concentratie van 36 ... 37 mg/m³ met 28,3 % asgehalte (globale gravimetrie) voor een produktie van 1300 nt/dag terwijl in december, voorbij de boring, men meer dan 40

tn/jour alors qu'en décembre, au delà du sondage, on notait plus de 40 mg/m³ pour une production inférieure de 1000 tonnes/jour.

— En fin d'année, on a également repris la prétélé-injection du panneau 62/71 A dans lequel on a mis en place, à la date du 31 décembre 1975, un volume total d'eau de 1832,8 m³ (1521 m³ en décembre 1974).

Au total, durant l'année 1975, plus de 2000 m³ d'eau ont été prétélé-injectés dans 9 panneaux.

mg/m³ noteerde voor een produktie van minder d 1000 ton/dag.

— Op het einde van het jaar, heeft men evenee de pretele-injektie van het paneel 62/71 A herr men, waar reeds op 31 december 1975 een tota volume water van 1832,8 m³ ingespoten was. (15 m³ in december 1974).

Een totaal van meer dan 2000 m³ water werd t dens het jaar 1975 in 9 panelen vooraf ingespoten

2. *Ventilation — Climatisation*

2. *Ventilatie — Klimatisatie*

A. RELEVE DES CARACTERISTIQUES DES CIRCUITS DE VENTILATION

De nombreuses déterminations des résistances aérodynamiques de branchements d'aérage ont été effectuées pour la résolution de problèmes de ventilation.

— Quinze variantes de répartition du courant d'air ont été étudiées par analogie électrique pour les exploitations du Charbonnage Colard (en vue d'une concentration des chantiers aux étages profonds et d'une réduction progressive des retours d'air connectés avec les étages supérieurs).

— Dix campagnes de mesures en vue de déterminer les coefficients de pertes de charge de différents tronçons de la mine ont été effectuées aux sièges de Houthalen, Beringen, Winterslag et plus particulièrement pour l'établissement d'un nouveau schéma de ventilation du siège Zolder.

A. OPMETEN VAN KARAKTERISTIEKEN VAN VENTILATIEKRINGEN

Er werden talrijke metingen van de aërodyn mische weerstand van luchtwegen uitgevoerd om h oplossen van ventilatieproblemen mogelijk te make

— Bij middel van de elektrische analogie werd 15 varianten gemaakt van een probleem over c luchtverdeling in de uitbatingen van de Kolenmi Colard (met het doel de werken te koncentreren in c onderste verdiepingen en de luchtkeren, verbonde met de bovenste verdiepingen, geleidelijk uit schakelen).

— Er werden 10 meetcampagnes gehouden in c zetels Houthalen, Beringen en Winterslag ten einc de koëfficiënten van ladingsverlies te kennen in ve schillende gedeelten van deze mijnen en meer in h bijzonder, om een geheel nieuw ventilatieschema verwezenlijken van de zetel Zolder.

B. ETALONNAGE D'INSTRUMENTS DE MESURE

Trente anémomètres de mine ont été étalonnés, ainsi que 4 capteurs de pression différentielle.

Les anémomètres télé-indicateurs (à thermistances) utilisés dans les travaux du fond du siège Waterschei sont régulièrement étalonnés, sur place, grâce à des mesures systématiques des débits d'air contrôlés.

B. IJKING VAN MEETINSTRUMENTEN

Er werden 30 mijnanemometers geijkt alsook differentiële drukmeettoestellen.

De anemometers (met thermistors) met tele-afl zing, opgesteld in de ondergrondse werken van d zetel Waterschei, worden regelmatig ter plaats geijkt, door het systematisch meten van de ge kontroleerde luchtdebieten.

C. APPLICATION DU « PROCESS-CONTROL » A LA VENTILATION DES MINES

L'ensemble des études et recherches effectuées ces quatre dernières années, a fait l'objet d'un rapport spécial de synthèse (5).

C. TOEPASSING VAN DE « PROCESS-CONTROL » OP DE MIJNVENTILATIE

Het geheel der studies en opzoekingen, uitgevoer gedurende de laatste 4 jaren, werd behandeld in ee speciaal syntheserapport (5).

.es opérations qu'il est possible d'effectuer actuelıent au siège Waterschei sont les suivantes :

— collecte des données de la grisoumétrie et bi automatique du grisou (en différé),

— collecte des données climatiques en quelques nts du siège,

— surveillance de l'état du réseau d'aérage et ue à jour d'un modèle mathématique du réseau,

— prévision des réglages de ventilateurs répon- ıt à certaines consignes.

.'acquisition et le traitement des données, en parılier la saisie des informations au fond par ATM, M, psychromètres, capteurs de pression différenle, la transmission de ces informations vers la face, les systèmes d'échantillonnage et de conıtration des données qui ont été mis au point, le age de ces informations permettent la *surveillance l'aérage en temps réel.*

.a nouvelle recherche, intitulée : « Exploitation instrielle du contrôle par ordinateur de la ventilation s mines », doit aboutir à l'élaboration d'un algoıme de maillage automatique pour trouver les iilles spéciales nécessaires à l'introduction d'un)gramme « calcul des ventilateurs ». Il y a lieu laborer les modèles de dégagements grisouteux et orifiques pour déduire les valeurs des contraintes à)oser.

— Les équipes des Kempense Steenkolenmijnen de l'Université de Louvain se sont particulièrement ėoccupées de l'installation d'un ventilateur souter- ı à pales orientables en marche (qui sera le premier jane de la ventilation sous contrôle de l'ordinateur) si que de tous les équipements mécaniques, ctriques et électroniques nécessaires à cette télémmande.

— La surveillance des équipements de télé-me- e (vitesses de l'air, pourcentages en grisou) et rs étalonnages, l'établissement de bilans de grisou IEX) se sont poursuivis.

— Une nouvelle version d'un appareil de téléme- e des températures sèche et humide de l'air, conçu 'Institut d'Hygiène des Mines, a été essayée au ıd.

— Les essais de réception du nouveau ventilateur : été effectués au fond (étage 700) ; 12 points de ıctionnement répartis sur 3 courbes correspondant < angles 20 - 26 et 32°, ont été contrôlés. Les sures doivent conduire à l'établissement de l'équa- ı générale de la famille des caractéristiques (dé- s, pressions) correspondant aux différents angles pales (il importe de noter que, pour installer ce ıtilateur, le siège Waterschei a creusé un by-pass ıne longueur de 150 m, équipé de 4 portes à nmande pneumatique).

— Les études relatives à la chaîne de commande linateur-ventilateur, comprennent l'établissement

De verschillende operaties die op dit ogenblik in Waterschei kunnen uitgevoerd worden zijn de volgende :

— verzamelen van de mijngasgegevens en automatisch opstellen van mijngasbilans (niet ogenblikkelijk),

— verzamelen van klimatologische gegevens op enkele punten van de mijn,

— bewaking van de toestand van het verluchtingsnet en het bijhouden van een wiskundig model van het net,

— voorafbepaling van de regeling van ventilatoren rekening houdend met zekere voorwaarden.

Het verwerven en behandelen der gegevens, zoals het bekomen in de ondergrond van informatie door ATM, GTM, psychrometers en toestellen voor het meten van differentiële druk, het doorzenden van deze informatie naar de bovengrond, het systeem van monstername en koncentratie van gegevens dat op punt werd gesteld, maken het mogelijk de *bewaking van de verluchting te verzekeren in reële tijd.*

De nieuwe opzoeking, getiteld : « Industriële toepassing van de door ordinator gekontroleerde mijnventilatie », moet leiden tot het opstellen van een algorithme voor de automatische maasvorming, ten einde de speciale mazen te vinden, nodig voor de invoering van een programma « berekening van ventilatoren ». Er dient een model opgesteld van de gasuitwaseming en warmteafgave om er de waarden uit af te leiden van de op te leggen voorwaarden.

— De ploegen van de Kempense Steenkolenmijnen en van de U.C.L. hebben zich meer in het bijzonder beziggehouden met het installeren van een ondergrondse ventilator met in bedrijf regelbare schoepen (dit is het eerste ventilatie-orgaan dat door de ordinator gekontroleerd zal worden) alsook met de mechanische, elektrische en elektronische uitrustingen die noodzakelijk zijn voor deze telesturing.

— De bewaking van de uitrustingen voor telemetingen (luchtsnelheid, gasgehalte) en hun ijkingen, alsook het opstellen van mijngasbilans (NIEB) worden verdergezet.

— Een nieuwe versie van het apparaat, ontworpen in het Instituut voor Mijnhygiëne, voor de telemetingen van droge en vochtige temperaturen, werd in de ondergrond beproefd.

— De receptieproeven van de nieuwe ventilator werden in de ondergrond uitgevoerd (verdieping 700) ; 12 werkingspunten verdeeld over 3 kurven (20° - 26° en 32°) werden gekontroleerd. De metingen moeten leiden tot het opstellen van een algemene vergelijking voor een reeks karakteristieken (debiet,

TABLEAU II

Développement des tailles (m) auxquelles sont appliqués régulièrement des traitements humides. — Situation au début des années 1975 et 1976

TABEL II

Totale lengte van de pijlers (m) waar vochtige stofbestrijdingsmiddelen regelmatig toegepast worden. — Toestand in het begin van de jaren 1975 en 1976

Bassins	Campine Kempen		Liège Luik		Hainaut Henegouwen		Ensemble Samen		Bekkens
Années de référence	1975	1976	1975	1976	1975	1976	1975	1976	Referentiejaren
Nombre de tailles actives	41	39	14	13	20	17	75	69	Aantal pijlers in bedrijf
Longueur des fronts déhouillés (m)	8 981	8 794	1 530	1 558	3 864	2 970	14 375	13 322	Lengte van de ontgonnen fronten (m)
I. *Traitements appliqués aux points de formation des poussières*									I. *Stofbestrijdingsmiddelen aan de stofbronnen toegepast*
1 Développement total des tailles traitées (m)									1 Totale lengte van de behandelde pijlers (m)
— Arrosage des fronts	1 047	3 395	—	—	428	—	1 475	3 395	— Besproeiing van de fronten
— Injection d'eau en veine	3 533	3 669	100	—	2 615	1 616	6 248	5 285	— Waterinjektie in de laag
— Havage humide	574	635	—	—	208	—	782	635	— Vochtige ondersnijding
— Piqueurs à pulvérisation d'eau	858	920	—	—	—	—	858	920	— Hamers met waterverstuiving
Longueur totale traitée (m)	6 012	8 619	100	—	3 251	1 616	9 363	10 235	Totale behandelde lengte (m)
2 Longueur des fronts traités simultanément par plusieurs de ces procédés (m)	1 120	1 254	—	—	428	—	1 548	1 254	2 Lengte van de behandelde fronten met verschillende van deze procédés samen (m)
3 Longueur réelle traitée (m)	4 892	7 365	100	—	2 823	1 616	7 815	8 981	3 Werkelijk behandelde lengte (m)
II. *Traitement par pulvérisation d'eau en taille*									II. *Waterverstuiving in de pijlers*
1 Développement total des fronts traités par pulvérisation d'eau (m)	8 488	8 242	580	564	3 552	2 782	12 620	11 588	1 Totale lengte van de behandelde fronten met waterverstuiving in de pijlers (m)
2 Longueur des fronts traités par un des quatre procédés indiqués ci-avant, combiné à la pulvérisation en taille (m)	4 648	6 813	100	—	2 601	1 513	7 349	8 326	2 Lengte van de behandelde fronten met één van de vier hierboven vermelde procédés samen met de waterverstuiving in de pijlers (m)
3 Longueur traitée uniquement par pulvérisation d'eau (m)	3 840	1 429	480	564	951	1 269	5 271	3 262	3 Lengte van de behandelde fronten alleen met de waterverstuiving (m)
III. *Longueur des fronts naturellement humi-*									III. *Lengte van de natuurlijk vochtige fronten*

TABLEAU III

Moyens de prévention normalement mis à la disposition du personnel dans les travaux préparatoires au cours des opérations de foration

TABEL III

Stofbestrijdingsmiddelen gewoonlijk ter beschikking van het personeel gesteld in de voorbereidende werken tijdens het boren

Bassins	Campine Kempen		Liège Luik		Hainaut Henegouwen		Ensemble Samen		Bekkens
Années de référence	1975	1976	1975	1976	1975	1976	1975	1976	Referentiejaren
Nombre de fronts en creusement	17	30	3	—	7	6	27	36	Aantal fronten in delving
Fronts équipés de									Fronten uitgerust met
— capteurs pour forage à sec	—	—	—	—	—	—	—	—	— stofopvangers voor droogboring
— perforateurs à injection centrale d'eau	17	30	3	—	7	6	27	36	— boortoestellen met centrale waterspoeling
Fronts avec prévention	17	30	3	—	7	6	27	36	Fronten met stofbestrijding

de quatre programmes à mettre en œuvre sur l'ordinateur temps réel (S 7), la construction de l'interface électronique entre l'ordinateur et la chaîne de transmission (TF 24 F-H), la télétransmission (TF 24) et l'appareillage de commande électrique du dispositif de positionnement des pales.

III. ENQUETE

Comme chaque année, les principaux résultats de l'enquête que l'Institut d'Hygiène des Mines effectue sur les moyens de prévention des poussières utilisés dans les charbonnages sont rassemblés sous forme de tableaux.

Les tableaux II et III donnent le développement des tailles dans lesquelles on met régulièrement en œuvre les procédés classiques de lutte contre les poussières : injection d'eau en veine, havage humide, arrosage des fronts, ... On y indique la longueur des fronts où plusieurs de ces techniques sont adoptées simultanément et on y fait également la répartition des moyens de prévention normalement mis à la disposition du personnel pendant les opérations de foration au rocher.

BIBLIOGRAPHIE

[1] MINISTERIE DES AFFAIRES ECONOMIQUES : Arrêté royal relatif à la lutte contre les poussières dans les travaux souterrains des mines de houille. — *Moniteur Belge,* 1975, *145,* 172, 6 septembre 1975, 11002/11010.

[2] DEGUELDRE G. : L'activité de l'Institut d'Hygiène des Mines au cours de l'année 1974. — *Ann. Mines Belgique,* 1975, 11, 1059/1088.

[3] WALKENHORST W. : Modellversuche zur Bestimmung des dynamischen Formfaktors nicht isometrischer Teilchen. — *Staub (Reinhaltung der Luft),* 1976, *36,* 4, 149/155.

[4] COENEN W. : Feinstaubmessung mit dem VC 25. Nuere Untersuchungen und praktische Erfahrungen. — *Staub (Reinhaltung der Luft),* 1975, *35,* 12, 452/458.

[5] PATIGNY J., CERULUS J. et JACQUES E. : Surveillance et gestion par ordinateur de la ventilation d'une mine. — *Rev. Inst. Hyg. Mines,* 1975, *30,* 4, 163/188.

druk) overeenkomende met de verschille schoephoeken. (Er dient opgemerkt dat om d ventilator te kunnen monteren de zetel Watersc een by-pass met een lengte van 150 m heeft ge ven, voorzien van 4 deuren met pneumatische diening).

III. ENQUETE

Zoals ieder jaar, worden de voornaamste resulta van het onderzoek dat het Instituut voor Mijnhygi uitvoert op de gebruikte stofbestrijdingsmiddele de kolenmijnen onder vorm van tabellen verzamel

De tabellen II en III geven de lengte van de pijler dewelke men regelmatig klassieke stofbes dingsprocédés aanwendt ; waterinjektie in de la besproeiing van de fronten... Men duidt er de len van de fronten aan waar meerdere van deze tech ken gelijktijdig worden aangewend en men maak eveneens de verdeling van de preventiemiddelen normaal ter beschikking van het personeel wor gesteld tijdens het boren in de steen.

BIBLIOGRAFIE

[1] MINISTERIE VAN ECONOMISCHE ZAKEN : Koninklijk be betreffende de stofbestrijding in de ondergrondse werken kolenmijnen. — Belgisch Staatsblad, 1975, *145,* 17 september 1975, 11002/11010.

[2] DEGUELDRE G. : Bedrijvigheid van het Instituut voor Mij giëne gedurende het jaar 1974. — Ann. Mijnen Be 1975, 11, 1059/1088.

[3] WALKENHORST W. : Modellversuche zur Bestimmung dynamischen Formfaktors nicht isometrischer Teilchen. S (Reinhaltung der Luft), 1976, *36,* 4, 149/155.

[4] COENEN W. : Feinstaubmessung mit dem VC 25. Ne Untersuchungen und praktische Erfahrungen. — St (Reinhaltung der Luft), 1975, *35,* 12, 452/458.

[5] PATIGNY J., CERULUS J. en JACQUES E. : Gebruik van computer bij het toezicht en het beheer van de mijnventila T. Inst. Mijnhygiëne, 1975, *30,* 4, 189/214.

Sélection des fiches d'INIEX

NIEX publie régulièrement des fiches de documentation classées, relatives à l'industrie charbonnière et qui sont sées notamment aux charbonnages belges. Une sélection de ces fiches paraît dans chaque livraison des Annales des Mines lgique.

Cette double parution répond à deux objectifs distincts :

onstituer une documentation de fiches classées par objet, à consulter uniquement lors d'une recherche déterminée. Il mporte que les fiches proprement dites ne circulent pas ; elles risqueraient de s'égarer, de se souiller et de n'être plus lisponibles en cas de besoin. Il convient de les conserver dans un meuble ad hoc et de ne pas les diffuser.

pporter régulièrement des informations groupées par objet, donnant des vues sur toutes les nouveautés.

C'est à cet objectif que répond la sélection publiée dans chaque livraison.

A. GEOLOGIE — GISEMENTS PROSPECTION — SONDAGES

A 55 Fiche n. **65.058**

IEHRDICH, M. BERNAUER et Coll. Erkun- g des Steinkohlengebirges mit horizontalen löchern. *Reconnaissance du terrain houiller par 'ages horizontaux.* — **Glückauf,** 1976, 15 juil- . 791/796, 6 fig.

ève revue des méthodes de reconnaissance d'un nent. Etude de la reconnaissance d'un gisement le plan de la couche en avant de la taille, à la General Blumenthal, par sondages horizontaux 50 m de longueur réalisés dans une couche de m d'ouverture. Matériel utilisé : foreuses, tail- , fleurets. Mesures prises pour maintenir les de sondage dans la veine. Il est également pos- de faire le levé des sondages.
olio. : 15 réf.

B. ACCES AU GISEMENT METHODES D'EXPLOITATION

IND. **B 116** Fiche n. **64.934**

X. Boring up is a fast way to get air, supplies down. *Le forage en montant est un moyen rapide d'avoir de l'air.* — **Coal Age,** 1976, juillet, p. 118/119, 2 fig.

Le forage en montant — réalésage d'un trou pilote — offre un moyen rapide et peu coûteux de creusement de puits de retour d'air. Cette technologie a eu jusque maintenant peu d'application dans les charbonnages. Elle présente certains avantages sur le creusement traditionnel, notamment en vitesse de creusement, en prix de revient et de plus on peut actuellement creuser des puits de 4,5 m à 6 m de diamètre et ce, jusque 300 m de profondeur ; un autre avantage est que le terrain n'est pas ébranlé par le minage. L'inconvénient le plus important est la difficulté de réaliser un puits parfaitement vertical ; cela dépend du forage du trou pilote.

IND. **B 14** Fiche n. **64.920**

B. PRINZ. Maschinelles Tieferteufen eines Tagesschachtes mit 5 m Durchmesser auf der Zeche Minister Stein. *Raval mécanisé d'un puits débouchant au jour de 5 m de diamètre à la mine Minister Stein.* — **Glückauf,** 1976, 6 mai, p. 476/480, 4 fig., 3 tabl.

Préparatifs. Forage d'un avant-trou de 110 mm de diamètre et 308 m de longueur pour un prix de revient de 357.000 DM, soit 1159 DM/m. Réalésage de ce premier forage par une machine GSB 450/500 de la firme Alfred Wirth. Ce réalésage a été fait avec un personnel de 31 Hp/jour, le rendement a été de 32,99 cm/Hp, le prix de revient s'est élevé à 8326 DM/m. Caractéristiques techniques de la machine de forage. Conditions préalables pour un raval mécanisé. Perspectives.

IND. **B 23** Fiche n. **64.948**

R. NEMITZ. Möglichkeiten und Grenzen der Leistungssteigerung mit einer gestängelosen Gesenkbohrmaschine. *Possibilités et limites de l'augmentation de rendement par l'emploi d'une machine de forage de bure sans train de tiges.* — **Glückauf,** 1976, 20 mai, p. 591/598, 7 fig., 4 tabl.

Procédé de grand intérêt technique mais insuffisamment au point, permettant d'obtenir de grands ou de très grands rendements. On a pu réaliser dans des conditions difficiles, dans une série de puits, un taux d'utilisation dépassant 50 % avec une vitesse de creusement de 8 à 14 m/jour. Possibilité d'obtenir un taux d'utilisation de 60 à 70 % si on élimine les arrêts et pannes constatés lors de 6 fonçages ; pour ce faire, il faut, dans chaque cas particulier, une planification détaillée de l'organisation de manière à réduire les arrêts de travail au minimum. D'autres améliorations sont possibles en matière de construction de machines. Réflexions proposées pour atteindre de plus grandes profondeurs et réduire la durée totale de réalisation des projets. Pour un avancement de 7 m/jour, il faut un puits de 125 m minimum de profondeur pour que ce procédé soit rentable. Plus la profondeur du puits est importante, plus l'utilisation d'une telle machine est techniquement et économiquement intéressante.

Biblio. : 6 réf.

IND. **B 31** Fiche n. **64.973**

P. DUFFAUT. Le creusement mécanisé du tunnel hydroélectrique d'Echaillon. — **Industrie Minérale. Mines,** 1976, n° 4, p. 141/157, 22 fig.

La galerie d'Echaillon — 5 km de longueur et 5,3 m de diamètre utile — terminée en 1973, achève le nouvel aménagement hydroélectrique de la vallée l'Arc. Coupe géologique de la galerie. Creuseme avec une machine Wirth. Description du tunnelie machine à molettes creusant la pleine section en u fois — la tête est poussée contre le front avec u force pouvant atteindre 700 t — vitesse réglable de à 6 tours/min — le couple de rotation est fourni pa moteurs hydrauliques — vitesse moyenne 1,05 m h. Avantages du tunnelier : réduction du soutè ment provisoire, des effectifs et des accidents amélioration des conditions de travail. Etude comportement des roches lors du travail de machine. Problèmes de la stabilité du terrain autc de la cavité creusée et étude des moyens à mettre œuvre pour la garantir.

IND. **B 33** Fiche n. **64.9**

V. MERTENS. Neue Teilschnitt-Vortriebsmaschin für den maschinellen Flözstrekkenvortrieb. *Nouvel machines à attaque ponctuelle pour le creuseme mécanisé de voies en couche.* — **Glückauf,** 197 17 juin, p. 687/693, 18 fig., 3 tabl.

Evolution au cours des dernières années ; machines de creusement en service en 1975 dans charbonnages ouest-allemands. Machines à têtes coupe améliorées : AMSO, EUR 160 et PK 9 F tableau donnant les caractéristiques. Nouvell machines à tête de coupe : EVA 160, WAV 20 Roboter et US 3 ; tableau avec caractéristiques. Têt et outils de coupe. Services annexes en arrière d fronts.

Biblio. : 8 réf.

IND. **B 410** Fiche n. **65.0**

N. MATSUDA, N. KITADA et Coll. Japanisc Betriebserfahrungen mit Schildausbau beim Stre bau in geneigter Lagerung. *Expériences d'exploi tion acquises au Japon avec le soutènement boucl dans les exploitations par longues tailles.* — **Glüc auf,** 1976, 1er juillet, p. 752/756, 4 fig., 6 tabl.

Tableaux donnant des renseignements sur l charbonnages japonais. Renseignements sur la mi d'Akabira. Caractéristiques du nouveau soutèneme bouclier dont la hauteur maximale est de 3 m et hauteur minimale de 2,045 m. La producti moyenne d'une taille, pour la période allant de juil à octobre 1974, a été de 412 t/jour avec un rend ment moyen de 16,2 t/Hp et l'avancement moyer été de 1,5 m/jour. On espère arriver en exploitati régulière à 23 t/Hp.

B 412 Fiche n. **64.932**

ulk of US underground coal production still is from room-and-pillar work. *Le gros de la pro-ion souterraine de charbon des Etats-Unis pro- encore des chambres et piliers.* **Coal Age,** 6, juillet, p. 110/113, 8 fig., 1 tabl.

forts entrepris pour augmenter la productivité exploitations souterraines de charbon par nbres et piliers (90 % de la production souter-). Emploi de 2 mineurs continus et de 2 boulon-es où la production, dans un panneau de 6 nbres, est passée de 350 t/poste machine à 625 rendement/H/jour de 11,67 t à 18,38 t et le onnel a augmenté de 3 unités (12 hommes au de 9) ; description du cycle de travail. Télécom-de d'une boulonneuse et d'un mineur. Ensemble eur et transporteur continus Lee-Norse CM-245 1 cm de hauteur pour couche mince de 76 cm verture.

B 425 Fiche n. **65.021**

KURRAT. Fallendgeführter Strebbruchbau in m 3 bis 4 m mächtigen Kohlenflöz. *Exploitation ailles foudroyées en descendant dans une couche harbon de 3 à 4 m d'ouverture.* — **Glückauf,** 6, 1er juillet, p. 746/752, 9 fig., 3 tabl.

epuis l'année 1970, le charbonnage Friedrich der se/Mont-Cenis a exploité 5 tailles chassantes foudroyage descendant et dont la pente est ne de 40°. Critères d'application de cette hode. La taille étudiée a 200 m de longueur et pente de 28 à 38°, l'ouverture varie de 2,99 m à 3 m et se trouve dans la veine Angelika Dicke-. Matériel utilisé : transporteur UF 50 de Klöck-Ferromatik, rabot KF, soutènement mécanisé de étançons 8 H 70 de la firme Thyssen bautechnik ; à l'arrière de ces piles sont fixés des et grillage retenant les terres de foudroyage. sport du matériel et circulation du personnel les voies. Résultats d'exploitation et coûts. yse de la méthode.

B 511 Fiche n. **65.066**

. HAGEN. Multiple seam mining in Alabama. *oitation d'un faisceau de couches en Alabama.* **Mining Congress Journal,** 1976, août, p. 23, 7 fig.

escription d'une méthode d'exploitation à ciel rt, dans une région montagneuse de l'Alabama, faisceau de 3 couches de charbon : la veine rieure Lick Creck (35 cm - 16,25 % C - 1,82 % 0 m plus bas la veine Jefferson (58 cm - 9,85 % C - 2,52 % S) et la veine Black Creck (58 cm - 1,42 % C - 0,59 % S) 10 m plus bas que la précédente. L'épaisseur des morts-terrains au-dessus de la veine supérieure est en moyenne de 33 m. La mine, en forme de demi-lune, a une longueur d'environ 1950 m. On abat (à l'explosif) pour commencer les 18 m supérieurs de la couverture qui sont évacués dans les vides laissés par l'exploitation ; ensuite, un bulldozer aplanit cette surface pour permettre le passage de la dragline (30 m^3 de capacité de godet et bras de 85 m) qui enlève la couverture des couches situées en contrebas. Lorsque le charbon est découvert, il est enlevé par des pelles frontales.

IND. **B 512** Fiche n. **65.065**

G. FRENCH et R.W. BAILEY. Modern electrical maintenance for off highway vehicles and shovels. *Entretien électrique moderne des véhicules de chantiers et pelles.* — **Mining Congress Journal,** 1976, août, p. 24/27, 4 fig., 2 tabl.

La « Nehanga Consolidated Copper Mines » (Zambie) emploie, dans ses exploitations à ciel ouvert, des camions et des pelles électriques. Aux problèmes normaux d'entretien de ce matériel s'ajoutent les problèmes dus à la situation géographique et politique de ce pays, tels que transports coûteux des pièces de rechange et longs délais pour recevoir ces pièces (2 à 6 mois), manque de personnel qualifié, rotation de la main-d'œuvre européenne (contrat de 3 ans). Coûts opérationnels et entretien préventif ; évolution de la situation. Description d'un programme d'entretien préventif qui a prouvé son efficacité et basé sur les 3 éléments suivants : 1) informations opérationnelles et financières sur les divers composants comme moteurs, pneus, roues, ... ; 2) contrôle régulier du matériel ; la fréquence est déterminée par le vendeur et l'expérience in situ ; 3) installation d'un atelier de réparation qui a coûté 670.000 $ et après un an le bénéfice, dû aux réparations sur place et au fait que ce personnel pouvait effectuer d'autres travaux, a été de 392.000 $.

C. ABATTAGE ET CHARGEMENT

IND. **C 21** Fiche n. **65.080**

M.W.R. MORRISSON et M.W. BLACKETT. L'abattage du rocher sous l'eau. Chantier de Fos-sur-Mer. — **Explosifs,** 1976, juin-septembre, p. 71/79, 6 fig.

Description de la méthode de forage à partir de barge, connue sous le nom de méthode OD et permettant d'atteindre et de forer le rocher sain, après

avoir traversé les morts-terrains le recouvrant. Le principe de la méthode consiste à forer en rotation-percussion à l'intérieur d'un tubage, lui-même mis en place par forage. Application de cette méthode aux travaux de construction du port de Fos-sur-Mer, où un banc dur de poudingues empêchait l'approfondissement de la darse Solmer.

IND. **C 233** Fiche n. **65.049**

X. Puzzled about primers for large-diameter Anfo charges ? Here's some help to end the mystery. *Comment amorcer des charges Anfo de grand diamètre ? Ce qui suit vous permettra de choisir la bonne solution.* — **Coal Age,** 1976, août, p. 102/107, 8 fig.

Etude de la vitesse de détonation d'une charge Anfo en fonction du diamètre de la charge et du trou de mine de manière à obtenir le meilleur rendement. Choix de l'emplacement du détonateur dans la colonne d'Anfo. Discussion sur l'initiation de la détonation en plusieurs points ou tout le long de l'axe de la colonne d'explosif. Mise en place du cordeau détonant et interactions entre le cordeau et l'Anfo.

Biblio. : 11 réf.

IND. **C 240** Fiche n. **65.059**

W. JÄKEL. Erfassung und Auswertung sprengtechnischer Daten aus dem Steinkohlenbergbau des Ruhrreviers. *Enregistrement et exploitation des données ayant trait au tir dans les charbonnages de la Ruhr.* — **Glückauf,** 1976, 15 juillet, p. 796/803, 13 fig., 5 tabl.

Exploitation par le service spécial de tir de la Westfälische Berggewerkschaftskasse des données relatives au creusement par minage des galeries des bassins de la Ruhr et d'Ibbenbüren. Renseignements concernant la longueur du cycle par tir, la longueur des mines, la consommation d'explosifs par m^3 de voie. Ces résultats seront utiles pour la planification des travaux.

Biblio. : 7 réf.

IND. **C 245** Fiche n. **65.078**

J.W. DALLY, W.L. FOURNEY et Coll. Influence du confinement des pressions dans un fourneau de mine sur la fissuration provoquée par explosifs. — **Explosifs,** 1976, juin-septembre, p. 47/56, 15 fig.

Etude de l'effet de la pression des gaz des produ de combustion d'une charge explosive sur le proc sus de fissuration. Deux maquettes planes, chacu avec une charge circulaire placée au centre, ont examinées. Dans l'une des maquettes, la charge é pourvue d'évents et, dans l'autre, la charge é confinée par un dispositif de fermeture spécial. U sation de la photographie à fréquence de prise de élevée et de la photoélasticité pour l'enregistrem des ondes de contrainte, de dilatation ou du cisa ment, ainsi que l'extension des extrémités des fis res. On a constaté que le confinement de la cha améliore la transmission de l'énergie aux maquet et qu'il en résulte des ondes de dilatation d'ampl des plus élevées, une onde de cisaillement de p grande durée et une fracturation beaucoup p étendue. Le confinement de la charge a provoqué c fissures 7 fois plus grandes que celles produites pa charge à évents.

IND. **C 44** Fiche n. **64.9**

P.C. GRAHAM. Tunnel borer at Libanon. How di fare. *Un tunnelier à Libanon. Comment le faire m cher.* — **Coal, Gold and Base Minerals,** 197 juillet, p. 43/57, 10 fig., 1 tabl.

Utilisation d'un tunnelier Robbins à la mine d'or Libanon (Afrique du Sud). Conditions imposées po la construction de la machine : creusement dans c quartzites du Witwatersrand dont la résistance à compression varie de 1760 à 3520 kg/cm^2, po maximum des différents éléments à assembler 12 t dimensions maximales de ceux-ci 1,50 m de large et 3 m de longueur ; ces éléments sont à descendr 2100 m de profondeur. Caractéristiques techniqu de la machine Robbins : diamètre de la tête creusement 3,31 m, vitesse d'avancement 1,50 m 2,40 m/h, évacuation de 45 m^3/h, alimentation courant alternatif triphasé 6000/500 V, puissanc la tête de coupe 500 cv et 80 cv pour le circ hydraulique, nombre de tours de la tête de coupe 6 tr/min, celle-ci porte 28 outils à disques, pouss maximum 508.000 kg et poussée de trav 381.000 kg, course 0,75 m, rayon minimum courbure 21,6 m, poids total 84 t. Problèmes de mi en service au fond après montage dans la chambre départ : positionnement et modification du circ hydraulique pour la conduite du tunnelier. Problèm et solutions apportées aux difficultés rencontrées lo du creusement : température élevée de l'atelier travail, mauvaise tenue du toit, usure plus élevée q prévue des disques, etc...

D. PRESSIONS ET MOUVEMENTS DE TERRAINS — SOUTENEMENT

). **D 47** Fiche n. **64.945**

STEINBACH. Die Verwendung von Schild-
sbau in Grenzbereichen des Strebbaus. *L'emploi soutènement bouclier dans les régions avoisinant aille.* — **Glückauf,** 1976, 20 mai, p. 565/569, fig.

L'expérience acquise, en matière de soutènement
ıclier dans les sièges d'exploitation des charbon-
ges réunis d'Eschweiler, permet de prévoir qu'avec
te technique de soutènement, une exploitation
éliorée est possible dans les zones avoisinant la
le. Grâce à la meilleure exploitation des panneaux
i en découle, la durée de vie des mines sera pro-
ıgée. L'avantage du soutènement bouclier, qui
otège complètement l'espace en taille au toit et côté
idroyage, est qu'il assure une sécurité élevée au
rsonnel. Cette constatation revêt une importance
cisive dans des conditions d'utilisation limites. Les
ndements atteints ont répondu aux attentes et con-
oué à un abaissement des frais d'exploitation. Une
ıs grande attention devra être accordée à l'avenir à
e lutte contre les poussières encore plus efficace
ıt en améliorant la technique et les détails. On doit
ıvoir diminuer le nombre élevé de postes nécessi-
 par les changements de taille par des mesures
organisation, et accroître encore la rentabilité du
ıtènement bouclier. Les résultats obtenus jusqu'ici
itent à étendre le domaine d'emploi de ce soutè-
ment. La nécessité d'exploiter avec remblayage
nplet exige que l'on mette au point un soutène-
ent bouclier permettant d'effectuer la mise en place
ın remblayage pneumatique. Les premiers proto-
es de cette nouvelle version de construction seront
ponibles dans le courant de 1976. Ils seront éga-
nent introduits à la mine Erin. La décision au niveau
l'entreprise de consentir des frais financiers élevés
ır l'expérimentation du soutènement bouclier aux
ords de la taille s'est révélée correcte. Le gou-
rnement fédéral a tenu compte de l'importance de
te mise au point pour les charbonnages de l'Alle-
gne Fédérale en apportant son aide financière à
tains projets. L'évolution de ces dernières années
ntre que l'impératif, pour les charbonnages de ce
ys, d'atteindre une productivité et une rentabilité
vées, une concentration poussée des chantiers et
e meilleure conception des emplacements de tra-
l à l'abattage était réalisable. Par contre, dans les
cteurs en amont et en aval de la taille, l'évolution
 pas suivi au même rythme.
Résumé de la Revue.

IND. **D 47** Fiche n. **64.969**

H. IRRESBERGER, B.W. RÄTZ et Coll. Konstruktive Massnahmen zur Verbesserung der Spaltabdichtungen von Schildausbau. *Mesures pour réduire les interstices du soutènement bouclier.* — **Glückauf,** 1976, 17 juin, p. 700/705, 11 fig.

Des études effectuées par la « Bergbau-Forschung GmbH » ont conduit aux critères suivants à imposer au recouvrement des interstices du soutènement bouclier : emploi de tôles planes, joints non arrondis, déflecteurs pour les terres sur les joints d'étanchéité, disposer les obturations d'interstices sur les surfaces des chapeaux, recouvrement séparé des chapeaux et des parties de protection arrière.

IND. **D 47** Fiche n. **65.047**

N.P. CHIRONIS. Consol's record production runs give impetus to use of shield supports for U.S. longwalls. *La production record de la Consol donne l'impulsion pour l'emploi du soutènement bouclier dans les longues tailles aux Etats-Unis.* — **Coal Age,** 1976, août, p. 92/97, 9 fig.

Actuellement 4 % de la production souterraine des USA proviennent des longues tailles contre 90 % de la production dans le Marché Commun. Avantages des longues tailles : 90 à 95 % de taux de récupération contre 50 % pour l'exploitation par chambres et piliers, ventilation simplifiée, contrôle du toit plus simple, réduction du taux d'empoussiérage, plus grande sécurité. Les différents systèmes de soutènement bouclier et cinématique de ceux-ci. Revue du soutènement bouclier installé aux USA : répartition géographique, couches de charbon (ouverture de 1,60 m à 3 m, profondeur de 90 à 300 m, longueur de taille de 135 à 165 m, développement de 1500 m), matériel utilisé (haveuse à double tambour, convoyeur à chaîne contrôlé), 7 à 10 ouvriers par taille. Monographie des mines Shoemaker et Robinson exploitant des longues tailles avec soutènement bouclier.

IND. **D 53** Fiche n. **64.962**

H. HUNKE. Betriebserfahrungen mit dem Dammbaustoff Anhydrit in Streb und Strecke. *Expériences dans le domaine de l'utilisation de l'anhydrite en taille et en voie pour la confection des remblais.* — **Glückauf,** 1976, 3 juin, p. 648/654, 6 fig., 3 tabl.

Etude sur l'utilisation de l'anhydrite synthétique transportée par voie hydromécanique et de l'anhydrite naturelle transportée pneumatiquement.

A l'aide d'exemples, on montre les différences des procédés avec une considération particulière pour les possibilités de réduction du coût avec le procédé pneumatique. Les prix de mise en place des serrements sont moindres avec l'anhydrite. Le type d'anhydrite le plus favorable dépend des données d'exploitation ; au-dessus de 4,3 m^3/jour, le transport pneumatique est meilleur marché.

Biblio. : 18 réf.

IND. **D 712** Fiche n. **65.050**

N.P. CHIRONIS. Sonics help drive bolts into coal mine roofs in one stroke. *La résonance permet d'enfoncer des boulons dans les toits en une seule étape.* — **Coal Age,** 1976, août, p. 112/114, 5 fig.

Présentation de la méthode basée sur le principe de l'enfoncement d'un clou en le frappant avec un marteau. La machine est capable d'enfoncer un boulon dans le toit à une profondeur de 1,50 m ; elle porte une poutre d'acier appuyant sur le boulon et provoquant, par résonance (250 Hz) au moyen d'un oscillateur, des vibrations qui enfoncent le boulon dans le toit. Détails sur la machine et résultats des différents essais : amplitude des vibrations, puissance nécessaire, diamètre des boulons, comportement du toit, etc... La vitesse maximale d'avancement est de 1,5 m/min et la vitesse moyenne de 0,75 m/min. Des résultats obtenus, il serait possible de construire une machine plaçant en même temps cinq boulons dans le toit et disposant d'une poussée axiale de 2730 kg environ.

E. TRANSPORTS SOUTERRAINS

IND. **E 250** Fiche n. **64.961**

D. ZIMMERMANN. Die Erweiterung des automatischen Zugbetriebes auf der Zeche General Blumenthal. *L'extension du roulage automatique par locomotive à la mine General Blumenthal.* — **Glückauf,** 1976, 3 juin, p. 641/648, 7 fig., 4 tabl.

A la mine General Blumenthal, un roulage automatique par locomotive est utilisé depuis 1967 sur les 7,2 km d'une section de raccordement à 2 voies. Coût du transport. Comparaison avec d'autres formules de transport. Extension du roulage automatique suite à sa rentabilité. Dispatching. Intégration des points de chargement.

Biblio. : 4 réf.

IND. **E 26** Fiche n. **64.95**

H. GEYER. Neuer Abbauzuschnitt durch Umstellung auf Schwerlasttransport mit Wechselcontainern im Steinsalzbergwerk Borth. *Transport par poids lourd en containers interchangeables à la mine de sel gemme de Borth.* — **Glückauf,** 1976, 20 mai, p. 608/612, 10 fig.

Le déblocage des chantiers se faisait anciennement par bandes transporteuses et concasseurs de chantier. L'exploitation d'une nouvelle tranche du gisement par longues chambres abattues au mineur Marietta, chargement par pelle hydraulique et containers interchangeables de 35 t et transport par Kiruna-Combi à une installation centrale de concassage, sur un trajet maximum de 670 m, a permis d'atteindre un rendement au chargement et au transport de 1500 t par chantier et par poste. La réorganisation a, de plus, entraîné diverses améliorations intéressantes de la technique et de l'économie de l'exploitation.

Biblio. : 2 réf.

IND. **E 26** Fiche n. **65.06**

M.K. LEBEGUE. Factors involved in design and retrofit for cabs and canopies shuttle cars. *Facteurs intervenant dans la conception et l'adaptation des cabines et des dais de protection des camions-navettes.* — **Mining Congress Journal** 1976, août, p. 32/34, 4 fig.

La protection des conducteurs des camions-navettes est assurée par des cabines ou par des toits de protection. La conception des cabines et des toits dépend de l'emplacement du poste de commande (qui peut se trouver, soit au centre, soit à une extrémité du camion), de l'ouverture de la veine, de la visibilité et du confort à assurer au conducteur. Solutions adoptées sur les nouveaux camions-navettes et adaptation (souvent difficile) sur les anciens camions en service.

IND. **E 415** Fiche n. **65.08**

X. New winder braking system Rawdon Colliery NCB. *Un nouveau dispositif de freinage de machine d'extraction au charbonnage de Rawdon NCB.* — **Colliery Guardian,** 1976, septembre, p. 452/455 4 fig.

Description de freins à disques remplaçant les freins traditionnels à sabots des machines d'extraction. Des brides circulaires sont montées à chaque extrémité du tambour et sur celles-ci viennent se serrer les disques des freins. Schémas montrant le fonctionnement de ces freins mis au point par le NCB avec

firme M.B. Wild Ltd de Birmingham. Les avantages ɜ ce nouveau dispositif sont : frais d'entretien peu evés, temps de remplacement fortement réduit iite au nombre peu élevé de pièces mobiles et freins appliquant plus rapidement et plus régulièrement.

ID. **E 53** Fiche n. **65.035**

C. BEAL. INIEX-Delogne radiators. Insertion loss sts. *Dispositifs rayonnants INIEX-Delogne. Essais ɜ pertes d'insertion.* — **Queen's University at ingston Department of Electrical Engineering,** 976, août, 16 p., 9 fig., 1 tabl.

Le système INIEX-Delogne de communication dans s mines et les tunnels consiste en éléments rayonants passifs intercalés en série dans un câble coaxial. ɜs dispositifs rayonnants comportent un élément inductance et des condensateurs enfermés dans un ɔîtier non métallique et étanche et reliés au conducur extérieur et intérieur. Résultats des pertes insertion (dB en fonction de la fréquence exprimée ı MHz) avec 3 types d'éléments rayonnants et dans cas d'environnement : 1) propre et sec ; 2) et 3) ɔîtier recouvert de poussières sèches de nickel origines différentes ; 4) boîtier recouvert de pousères de nickel humide ; 5) boîtier recouvert de ɔussières de charbon humide. Tableau résumant les ɜrtes d'insertion.

F. AERAGE — ECLAIRAGE HYGIENE DU FOND

ND. **F 133** Fiche n. **64.975**

. FAURE. Insonorisation des ventilateurs électriues d'aérage secondaire. — **Industrie Minérale. Iines,** 1976, n° 4, p. 170/180, 11 fig., 3 tabl.

Les bruits sont, soit d'origine aérodynamique : ırbulences aléatoires dans l'écoulement de l'air ou brations périodiques provoquées par le passage des ales, soit d'origine mécanique : bruits créés par les brations des organes tournants. Les bruits d'origine érodynamique sont bien rayonnés par les bouches aspiration et sont atténués s'ils se propagent à traɜrs la carcasse. Procédés d'atténuation des bruits : ar utilisation de silencieux de bouche (buses dont la aroi intérieure est revêtue d'une couche absorbante) par insonorisation des carcasses (revêtement extéɜur en matériau viscoélastique). Position pratique de nsonorisation des ventilateurs dans les houillères ançaises. Détermination des caractéristiques émisves des ventilateurs. Recherche et mise au point de lencieux de bouche adaptés aux besoins d'insoɔrisation et aux conditions d'emploi au fond. Insoɔrisation des carcasses des ventilateurs.

IND. **F 22** Fiche n. **64.978**

M. BOUTONNAT. Amélioration des performances des grisoumètres à filaments. — **Industrie Minérale. Mines,** 1976, n° 4, p. 191/195, 8 fig.

Des études sur la détection et la mesure du grisou dans les mines ont permis notamment la mise au point d'une cellule de mesure (2 filaments en platine pur : un détecteur et un compensateur), qui présente des caractéristiques de très bonne stabilité et sensibilité, d'une part, et pas d'ambiguïté dans les indications de la teneur, d'autre part. Grisoumètres développés en France au cours des 10 dernières années : portatif manuel type VM 1, grisoumètre transportable multifonctions GTM 67 A, central de télégrisoumétrie type CTT 63/40. Améliorations des performances des grisoumètres automatiques à filaments par un nouveau mode d'alimentation électrique, par diminution du temps de chauffage qui augmente la durée de vie et par un dispositif de suspension élastique de la chambre de mesure. Description du grisoumètre transportable multifonctions GTM 741 qui met en œuvre toutes ces techniques.

Biblio. : 6 réf.

IND. **F 24** Fiche n. **65.087**

F.W. PRITCHARD. Predrainage of coal seams by hydrofracture. *Prédégazage des couches de charbon par fracturation hydraulique.* — **Colliery Guardian,** 1976, septembre, p. 461/462, 1 tabl.

Le prédégazage des couches de charbon par des sondages réalisés, soit à partir de la surface, soit au fond, en réduisant l'émission du grisou pendant l'exploitation, permet une production plus élevée des chantiers. La fracturation hydraulique (fracking) des couches réalisée en injectant de l'eau sous pression à travers un sondage tubé, dans la veine de charbon, crée un réseau de fissures qui augmente sensiblement le dégagement du méthane. Brève description de la fracturation hydraulique. Résultats obtenus aux USA, en RFA et en URSS.

Biblio. : 8 réf.

IND. **F 32** Fiche n. **64.976**

J. WINTER, B. ALPERN et Coll. Examen de prélèvements de poussières après explosion en mine. — **Industrie Minérale. Mines,** 1976, n° 4, p. 181/186, 8 fig., 2 tabl.

Prélèvements méthodiques par fixation au préalable d'intervalles entre prélèvements (5, 10, 20 ou 50 m). L'observation microscopique par réflexion des échantillons permet de les répartir en 3 classes : charbon intact, charbon fondu et cénosphères de

coke ou semi-coke. Par dénombrement des particules des différentes classes, on a une idée de l'effet thermique global. Les courbes construites en portant le pourcentage de coke et de semi-coke en fonction du lieu de prélèvement permettent de localiser de façon assez vraisemblable les lieux de l'explosion, qui souvent correspondent à un minimum ou à un maximum des courbes. Conclusions tirées d'explosions expérimentales à une certaine distance du front d'une galerie empoussiérée et dans le cul-de-sac d'une galerie.

Biblio. : 6 réf.

IND. **F 51** Fiche n. **64.981**

K.R. VOST. Variation in air temperature in a cross-section of an underground airway. *Variations de la température de l'air dans une section transversale d'une galerie d'aérage souterraine.* — **Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy,** 1976, juillet, p. 455/460, 8 tabl.

Habituellement, dans une section de galerie, on mesure la température du courant d'air en un seul point et on suppose que celle des autres points n'est guère différente de la température mesurée au point unique. Méthode employée pour mesurer les températures d'un certain nombre de points dans 50 sections transversales, avec des vitesses d'air et d'humidité du mur différentes. Ces mesures montrent que des différences notables de température de l'air peuvent se présenter à un moment donné dans une section donnée. Discussion des effets de ces variations sur la précision des augmentations de température de l'air circulant le long d'une galerie. Discussion également sur les erreurs commises lorsqu'on veut prévoir l'augmentation de la température le long d'une voie, quand on admet la constance de la température dans une section déterminée.

Biblio. : 7 réf.

IND. **F 54** Fiche n. **64.980**

N.B. STRYDOM, W.H. van der WALT et Coll. A revised method of heat acclimatization. *Une méthode améliorée pour l'acclimatation à la chaleur.* — **Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy,** 1976, juin, p. 448/452, 1 fig., 5 tabl.

Dans les mines d'or, pour accoutumer les travailleurs aux températures élevées, on a utilisé à partir de 1965 des chambres climatisées qui ont réduit de 12 à 8 le nombre de jours nécessaires à cette adaptation. Amélioration par l'emploi de vitamines C données aux travailleurs. Difficultés rencontrées. Description de la nouvelle méthode qui a permis de réduire de 8 à 5 ou 3 jours suivant que la température humide est c 30°C à 32,8°C ou de 27,5°C à 28,9°C. Tableau donnant de nombreux renseignements. Résulta obtenus.

Biblio. : 8 réf.

IND. **F 621** Fiche n. **65.06**

R. MÜLLER. Bekämpfung eines verdeckten Gr benbrandes durch Inertisierung mit Stickstoff. *Lutt contre un feu couvant souterrain par étouffement l'azote.* — **Glückauf,** 1976, 15 juillet, p. 810/81 13 fig.

Description des opérations de lutte contre un fe couvant, au charbonnage de Luisenthal, qui avait é décelé par des mesures de CO. Ce feu menaçait tailles équipées de matériel pour une valeur de 1 millions de DM. Situation du quartier. Lutte conventionnelle et évolution du feu. Suite à l'insuccès d cette lutte, une taille a dû être abandonnée et la déc sion fut prise d'utiliser le procédé à l'azote. Description de l'installation, les problèmes à résoudre, l conduite des opérations, les effets obtenus par c procédé sur l'allure du feu à partir des analyses d gaz. Les dépenses se sont élevées à 396.834 DM e l'analyse détaillée de celles-ci montre que la part d l'azote est de 65,4 %.

Biblio. : 6 réf.

H. ENERGIE

IND. **H 232** Fiche n. **64.95**

J. DUBOIS. L'utilisation de la chaleur des centrale thermo-électriques. Point de vue du producteu d'électricité. — **Revue de l'Energie,** 1976, juin, p 302/305.

Lorsqu'on brûle une thermie dans une central électrique, à peine plus d'un tiers se trouve à la sorti sous forme d'électricité, le reste de l'énergie pour un très grosse part est perdue. L'EDF étudie l'utilisatio mixte de ses propres centrales thermiques, mais faut rappeler qu'il ne s'agit pas d'utiliser des rejet thermiques, mais de la chaleur qui aurait pu produir de l'électricité. L'EDF, établissement public, es chargé de distribuer de l'électricité aux meilleure conditions et chaque usager paie l'électricité à so coût, sans transfert de charges entre telle et tell catégorie d'utilisateur. Sa position est donc que l client du chauffage urbain ne doit pas être subventionné par le client électricité. Cette réserve étant po sée, l'EDF se présente comme vendeur de chaleur partir de ses centrales, mais elle ne peut se lance dans de telles opérations sur la base d'études tro optimistes et insuffisamment fouillées.

). **H 9** Fiche n. **64.959**

GIBRAT. Le renouveau des études sur l'utilisation ; marées : essai de synthèse des résultats de la rnée I.C.F. du 4 mars 1976. — **Sciences et chniques,** 1976, septembre, p. 7/11.

)ans l'état actuel de nos connaissances sur le prix ; ouvrages et sur l'importance et la valeur de l'é- gie qu'ils pourraient produire, il n'est pas possible dire si une usine marémotrice à Chausey serait table, mais il paraît établi après les communica- ns de la journée : 1) que les chances pour qu'il ste un ou plusieurs projets rentables sont loin tre nulles (le Canada l'a affirmé officiellement) et e le gain d'énergie pour la France (7 à 15 GW ctriques et plusieurs milliards d'amélioration de la ance commerciale) est trop important pour qu'on néglige sans plus ; 2) que certaines études peu ìteuses sont prioritaires pour apporter une réponse ‹ grands problèmes théoriques en jeu. Le Canada a trepris toutes ces études, il serait dommage que la ınce ne s'y associe pas.

I. PREPARATION ET AGGLOMERATION DES COMBUSTIBLES

D. **I 0134** Fiche n. **64.938**

500 tons of coal an hour from automated coal ›paration plant (Littleton Mine). *500 tonnes de arbon par heure d'un lavoir complètement automa- é (Mine de Littleton).* — **World Coal,** 1976, août, 32/33, 1 fig.

Historique du charbonnage. Projet de reconstruc- n du NCB. En 1973 commencent les travaux pour rter la production à $1,5.10^6$ t/an. Au fond, usement d'un bouveau de 820 m reliant les 2 veaux 2 et 4 et d'un bouveau de 2000 m partant de surface, équipé d'un convoyeur à bande de 1.000 n et qui, aux environs de 1978, évacuera toute la oduction ; les 2 puits serviront au transport du rsonnel et du matériel. Description sommaire des férentes divisions de surface : criblage, mélange, voir et chargement. Le mélange de charbon lavé et charbon à faible teneur en cendres (non lavé, la neur en cendres est déterminée après l'opération de blage) est envoyé vers la centrale électrique au oyen du système de transport par rails « Car- usel » (Merry-go-round).

D. **I 12** Fiche n. **65.075**

MILTON, J.L. COBURN et Coll. Comminution : guide to size reduction system design. *Broyage : un guide pour la conception d'un système de broyage.* — **Mining Engineering,** 1976, septembre, p. 29/34, 7 fig.

Dans cette première partie, l'objectif est de donner des informations de base et des règles pour concevoir les divers systèmes de concassage et de broyage, de manière à libérer les particules minérales pour permettre leur concentration et leur récupération. Propriétés chimiques et physiques, ainsi que l'examen microscopique des minerais. Essais sur les minerais pour l'étude du broyage. Définition du concassage, concassage primaire et secondaire, broyage. Types et utilisation des concasseurs : à mâchoires, giratoires, à percussion, à cône, à cylindre, à disque. Types de broyeurs et leur utilisation : à boulets (2 sortes).

IND. **I 41** Fiche n. **65.042**

L.D.A. JACKSON et T.A. KIRK. The Linatex solids recovery system. *Le système Linatex de récupération des matières solides.* — **The Canadian Mining and Metallurgical Bulletin,** 1976, août, p. 79/85, 8 fig., 3 tabl.

Le système Linatex convient pour l'égouttage des slurries de minerais de fer, du charbon, de silice et de terre à porcelaine. Description avec schémas des divers composants : le réservoir (cône sur pointe) d'alimentation et de déschlammage, la pompe d'alimentation, un séparateur avec régulation automatique du passé, un crible d'égouttage et en option un épaississeur Lamella permettant la récupération de l'eau. Le produit final se présente sous la forme d'un gâteau qui peut être transporté par convoyeur à bande. Tableau des performances du séparateur Linatex suivant la densité et la granulométrie des matières solides. Flowsheets du système Linatex pour déschlammage et égouttage et du même système avec l'épaississeur.

M. COMBUSTION ET CHAUFFAGE

IND. **M 51** Fiche n. **64.736**

M. COMHAIRE. Les smogs et la prévention de la pollution atmosphérique. — Mémoire présenté à la Faculté des Sciences Appliquées de l'Université de Liège, année 1975-1976.

Mémoire consacré à la pollution atmosphérique en régions urbaines et plus spécialement à un phénomène typique de cette pollution : les « smogs », contraction des mots anglais « smoke » (fumées) et « fog » (brouillard). La 1e partie est consacrée aux

« smogs » acides qui sont la forme classique de la pollution atmosphérique dans nos pays tempérés froids : les grands accidents de la pollution dus aux « smogs » acides — genèse du « smog » acide — émission des divers polluants — l'influence des facteurs météorologiques sur la pollution atmosphérique — le cycle du soufre — mise en œuvre de programmes d'action contre la pollution atmosphérique — effet de la pollution de l'air sur la santé de l'homme, sur les végétaux, sur les matériaux — les combustibles fossiles — aspects économiques de la lutte contre la pollution — mesures préventives contre les « smogs » — législation belge relative à la pollution atmosphérique. La 2e partie est consacrée aux « smogs » oxydants qui se rencontrent dans certaines agglomérations urbaines (Los Angeles) et résultent de réactions chimiques entre les hydrocarbures réactionnels et les oxydes d'azote (véhicules à moteur) sous l'effet de la lumière solaire : le « smog » de Los Angeles, genèse du « smog » oxydant — les hydrocarbures légers — les oxydants — aspects toxicologiques et épidémiologiques — effets sur les végétaux et matériaux — influences directes ou indirectes du CO, Pb et SO_2 — réduction des émissions de polluants par les voitures.

P. MAIN-D'ŒUVRE — SANTE SECURITE — QUESTIONS SOCIALES

IND. **P 35** Fiche n. **64.951**

K.O. PILGRIM. Arbeitssicherheit und Arbeitsmedizin im Bergbau. *Sécurité du travail et médecine du travail dans l'exploitation minière.* — **Glückauf,** 1976, 20 mai, p. 612/615.

Au début de l'année 1974, la loi concernant les médecins du travail, les ingénieurs sécurité et autres spécialistes en matière de sécurité du travail, du 12 décembre 1973 (BGBI page 1885), est entrée en vigueur. En application de cette loi, tout employeur doit faire appel à des médecins du travail et à des spécialistes en matière de sécurité qui doivent le conseiller quant à la protection sociale du travail et à la prévention des accidents. La loi part de la constatation que les accidents du travail et les maladies professionnelles doivent être combattus au lieu d'origine, c'est-à-dire à l'emplacement du travail. Les autres exposés ont trait à l'évolution particulière dans le cadre de l'exploitation minière pour laquelle la loi sur la sécurité du travail a prévu une réglementation spéciale.

Résumé de la Revue.

IND. **P 58** Fiche n. **64.7**

J. PRADEL et L. KOCH. La radioprotection dans mines d'uranium. — **Annales des Mines (Franc** 1976, mars-avril, p. 37/44, 3 fig.

Les travaux de recherche et d'exploitation effectu dans les gisements de minerais radioactifs expos le personnel et les populations avoisinantes à irradiations dont il convient de limiter l'importan On distingue l'irradiation externe provenant d rayonnements β et γ issus des minerais et l'irradiat interne résultant de l'inhalation de poussières de nerai et du radon (et de ses descendants), gaz dioactif qui se dégage en permanence des miner d'uranium. Les niveaux rencontrés sont décrits ai que les méthodes permettant d'effectuer les mesu nécessaires pour la surveillance individuelle du p sonnel et celle des populations avoisinantes. I normes et la réglementation sont précisées et les sultats obtenus dans les mines du Commissaria l'Energie Atomique sont présentés. En conclusion, retient que le risque essentiel provient du radon et ses descendants mais que, moyennant un effort co tant et une surveillance stricte, les conditions de t vail des mineurs peuvent être conformes à la rég mentation en vigueur qui doit éviter tout dommage personnel, compte tenu des données les plus réc tes.

Biblio. : 6 réf.

Résumé de la Revue.

Q. ETUDES D'ENSEMBLE

IND. **Q 117** Fiche n. **65.0**

F. LONG. Lage und Entwicklungstendenzen Kohlenbergbau Australiens. *Situation et tendanc dans l'industrie charbonnière australienne.* — **Glüc auf,** 1976, 15 juillet, p. 819/826, 14 tabl.

Structure géographique, population et comme extérieur de l'Australie. Aprrovisionnement én gétique. Organisation administrative de l'indust charbonnière. Les ressources en charbon et en ligni La production charbonnière pour l'année 1975 s' élevée à 70 Mio.t, dont 42,3 Mio.t proviennent de Nouvelle Galles du Sud et 23,9 Mio.t du Queenslar Evolution entre 1961 et 1975 de la producti charbonnière (mines souterraines et de surface), de main-d'œuvre, des rendements. Répartition de consommation intérieure entre 1967 et 1975. participation étrangère dans les exploitations r nières. Les exportations de charbon entre 1970 1975. Infrastructure portuaire.

. **Q 121** Fiche n. **64.952**

TILMANN. Der Braunkohlenbergbau in Deut- and. *L'exploitation du lignite en RFA.* — **Glück-** . 1976, 20 mai, p. 615.

əs ressources mondiales en lignite sont évaluées à de 2100 milliards et la production mondiale uelle actuelle atteint 840 Mio.t. Compte tenu des de transport qui chargent particulièrement le ite en raison de son faible pouvoir calorifique, lisation ne peut se faire la plupart du temps qu'à cimité du gisement. C'est pourquoi le lignite a très vent, avant tout, une importance régionale. Mais nstitue fréquemment la condition préalable pour ıblissement de secteurs industriels dans le voisi- e de gisements importants. L'influence structu- régionale, qui apparaît ici, repose sur les avan- əs du lignite par rapport aux autres porteurs d'é- gie primaire, avantages qui, pour l'essentiel, sont tribuer au fait que le lignite, recouvert générale- ıt par des terrains meubles, est extrait dans des loitations à ciel ouvert faisant appel à une techno- e avancée.

ésumé de la Revue.

. **Q 132** Fiche n. **64.946**

PSOTTA. Betriebskonzentration und Struk- vandel der Produktion im Kalibergbau. *Con- tration de l'exploitation et restructuration de la duction de l'industrie de la potasse.* — **Glückauf,** 76, 20 mai, p. 570/581, 23 fig., 5 tabl.

usqu'à la fin de la 1ère guerre mondiale, les rais potassiques ont été produits exclusivement l'Allemagne. Cette position de monopole a été due suite à la découverte de nombreux gisements s le monde entier, et l'industrie allemande de la asse a dû faire face à une concurrence croissante autres pays producteurs. Concentration des ex- tations, introduction de nouvelles méthodes battage (chambres en gradins et piliers abandon- , chambres magasins) et mécanisation par gros gins qui ont permis d'augmenter la productivité de) % en moyenne et d'augmenter la production sièges. Restructuration de la préparation de la duction pour améliorer la qualité des produits et rication d'engrais composés.

iblio. : 14 réf.

). **Q 132** Fiche n. **64.974**

MAISTRET. Abattage de minerai de fer lorrain mineur continu Jeffrey 120 HR à la mine de ailles. — **Industrie Minérale. Mines,** 1976, n°). 159/169, 7 fig., 5 tabl.

L'exploitation du quartier — maille de 21 m × 40 m avec largeur de galerie de 6 m — correspond au traçage d'un faisceau de 8 galeries. Services généraux du quartier. L'abattage par mineur continu dans le faisceau J1 de 3,40 m de puissance, suite à la mauvaise tenue du toit, s'effectue en opérant alternativement dans 3 galeries. Technique du creusement en 2 phases sur 5 m de profondeur (250 t de minerais) ; la production moyenne par poste se situe à 800 t. Pics d'abattage : type et consommation. Le soutènement par boulonnage est assuré par un jumbo Secoma Diesel type PEC. Pose du ventube. Evacuation du minerai par 3 camions Expadumps 14 D 2. Organisation de l'entretien du matériel. Résultats obtenus après la mise en route de la méthode et formation du personnel (2 mois) : 1) marche à 2 postes de 4 ouvriers (3,8 moyenne) : 605 t/poste, soit 159,74 t/Hp ; 2) marche à 2 postes de 5 ouvriers (4,4 moyenne) : 797 t/poste, soit 181,4 t/Hp. Le coefficient d'utilisation du mineur continu a été de 85,8 %.

R. RECHERCHES — DOCUMENTATION

IND. **R 110** Fiche n. **65.068**

J.J. YANCIK. Overview of International Health Safety Extraction. Research and Development in coal mining. *Revue générale des travaux des Instituts de Recherche et de Développement pour la santé et la sécurité dans l'industrie charbonnière.* — **Mining Congress Journal,** 1976, août, p. 51/58, 7 fig., 2 tabl.

Les programmes de recherche de l'industrie charbonnière sont surtout consacrés aux exploitations souterraines qui sont plus dangereuses que les exploitations à ciel ouvert du point de vue sécurité et santé. Brève revue des activités des instituts de recherche des pays suivants : USA, URSS, Chine, Pologne, Royaume-Uni, RFA. Tableau donnant pour 20 pays le nom des instituts, la localité, le personnel occupé, les programmes de recherche, le répondant des instituts et le budget en millions de $. Recherches sur base multilatérale, rôle de l'I.E.A. (International Energy Agency), du Marché Commun. Conventions bilatérales des USA avec le Canada, le Japon, la Pologne, l'URSS et le Royaume-Uni. Les objectifs du Comité International de la Recherche pour le Charbon (I.C.C.R.), dont les membres fondateurs sont la RFA, la Belgique, le Royaume-Uni, l'Espagne, la France et les USA et auxquels se joignirent le Canada, l'Afrique du Sud et l'Australie, sont exposés.

IND. **R 117** Fiche n. **65.057**

M. KABBAJ. Pourquoi l'Institut Mondial du Phosphate ? — **Industrie Minérale,** 1976, août-septembre, p. 423/427, 2 fig.

Le directeur des recherches techniques de l'Institut Mondial du Phosphate présente ce nouvel institut mondial et en indique les buts. Pour cela, il expo rapidement les bases biologiques des besoins phosphate, sa présence dans les océans, son rô dans le sol et la ligne des études et recherch théoriques et pratiques à entreprendre.

Biblio. : 6 réf.

Résumé de la Revue.

ibliographie

urnées d'étude sur la mise à forme des métaux

Deux journées d'étude sur la mise à forme des étaux ont eu lieu à la Faculté Polytechnique de ons les 21 et 22 novembre 1974.

Les conférences suivantes y ont été données :

- Idéalisation des lois de comportement pour l'étude de la mise à forme des métaux, par J. Oudin et Y. Ravalard
- Critères d'écoulement en mise à forme des métaux isotropes, par J. Oudin et Y. Ravalard
- Les lois de la plasticité et les théorèmes d'extremum, par M. Save
- Prévision d'écoulement par champs discontinus de vitesses en déformation plane, par D. Lamblin et G. Guerlement
- Prévision de la puissance motrice en mise à forme des métaux par champs de vitesses pseudo-continus, par J. Oudin et Y. Ravalard
- Possibilités d'étude des problèmes axisymétriques en mise à forme, par D. Lamblin et G. Guerlement
- Défauts des produits, par D. Lamblin et G. Guerlement
- Phénomènes thermiques dans la mise à forme des métaux, par J. Oudin et Y. Ravalard
- Amélioration des outillages, par G. Guerlement et D. Lamblin.

Les textes de ces conférences sont repris dans le n° - 1976 de la Revue M, qui paraît fin décembre 976 et peut être obtenu au prix de 300 F (TVA mprise) en s'adressant à la Société Belge des Méniciens, Rue des Drapiers 21, 1050 Bruxelles. Tél. 2) 511 82 86.

G. DOWN et J. STOCKS. — **Environmental imact of mining.** — *Impact de l'exploitation minière ır l'environnement. Applied Science Publishers Ltd. 977 — 371 pages, 108 figures, 81 tableaux, ombreuses références.*

Les problèmes de protection et de sauvegarde de environnement se posent de plus en plus dans les ays développés et il est significatif de voir qu'une artie de la population manifeste une opposition vionte à tout projet important d'exploitation minière. Depuis des années, les sociétés, les législateurs et autres ont eu conscience des effets des exploitations minières sur l'environnement ; ils les ont étudiés et ont cherché des solutions pour les minimiser. En dépit de l'abondante littérature sur les nombreux aspects de ce problème, il n'existe aucun livre en reprenant la totalité. Cela est probablement dû à la difficulté de traiter un tel sujet, faisant appel à de nombreuses disciplines, dans les limites d'une seule publication. Cette lacune est maintenant comblée, et les auteurs ont écrit ce livre parce qu'ils sont convaincus que les nombreux effets de l'exploitation minière sur l'environnement dépendent les uns des autres et qu'ils doivent être examinés ensemble.

Ceux qui désirent étudier plus en détail un problème bien particulier pourront se référer aux nombreuses citations bibliographiques de l'ouvrage, et leur étude en sera ainsi facilitée.

Mémento des Mines et Carrières. — *19e édition - 1977, 524 pages, nombreux tableaux et figures. Régie Publicité Industrielle, 36 rue du Fer-à-Moulin, 75005 Paris. Prix : 141,12 FF.*

Ce mémento est destiné tout spécialement aux ingénieurs s'occupant d'industries extractives ; il s'adresse également à toute société ou personne intéressée par ces activités ou qui pourraient s'y intéresser comme fournisseur ou comme client.

Sommaire : I. Mémento administratif. II. Mémento des fournisseurs de matériels de mines et carrières : liste alphabétique, adresses, classement par matériels. Mémento technique : 1. *Généralités.* 2. *Recherches et sondages* : équipement, pompes, carottiers...* La diagraphie appliquée aux forages profonds. 3. *Travaux préparatoires et abattage* : tunneliers, machines d'abattage, marteaux perforateurs. * Abattage à l'explosifs : explosifs industriels, détonateurs, accessoires de tir, emploi des explosifs, abattage en carrières, percement des galeries, consommation et stockage des explosifs. * Machines de creusement des galeries. 4. *Extraction :* câbles, machines d'extraction, treuils. 5. *Chargement et transport :* convoyeurs, chaînes, courroies, problèmes de roulage, transport du personnel. * Transport des solides par conduites. 6. *Soutènement :* diffé-

rents types de soutènement, boulonnage, procédés de consolidation des terrains dans la création des galeries. 7. *Remblayage :* pneumatique, hydraulique, coefficient d'affaissement. 8. *Aérage* : calculs d'aérage, ventilateurs, aérage des chantiers, anémométrie. 9. *Exhaure* : installation, technologie des pompes, pompage des boues. 10. *Sécurité, protection* : le grisou, les casques, les masques anti-poussière. 11. *Préparation mécanique* : tôles perforées, concasseurs, broyeurs, traitement des sables, exploitation des carrières, échantillonnage, groupes mobiles de concassage. * Concassage, broyage. Pulvérisation : concasseurs, broyeurs, cribles. 12. *Energie* : compresseurs, matériel électrique, électrification, hydraulique. * L'électricité dans les mines et carrières. 13. *Télécommunications :* les appareils et leur utilisation. 14. *Exploitation à ciel ouvert et carrières* : méthodes d'exploitation, matériel utilisé, engins d'excavation, pelles hydrauliques, transport continu... 15. *Transmissions hydrauliques et lubrification* : comment choisir un fluide hydraulique de sécurité, les lubrifiants. III. * Mémento économique : statistiques sur la production, le matériel, le personnel.

N.B. : * Nouveaux sujets traités dans cette édition.

Rapports sur la recherche charbonnière

La 3ème Conférence Internationale de la Recherche Charbonnière s'est tenue à Sydney, en Australie, en octobre 1976. Les exposés et les comptes rendus de séances seront publiés en Australie en avril 1977 au nom du Comité International de la Recherche Charbonnière. Ces documents traitent des aspects économiques et techniques des procédés de conversion du charbon, d'abattage, d'évaluation des gisements, des techniques de sécurité et de lutte contre les poussières, de production d'électricité au départ du charbon, ce dernier sujet ayant été présenté par le vice-président du National Coal Board britannique.

Les organismes intéressés dans les pays représentés au sein de l'ICCR ont la faculté de se procurer le rapport, pour la somme de 35 dollars australiens, port compris, en adressant leur demande à Mr. Savage, Executive Officer, Third International Conference on Coal Research, Box 3842 G.P.O., Sydney, Australia 2001. Les transferts ou chèques, libellés en dollars australiens, sont à établir au nom de : Third International Conference on Coal Research, Sydney, Australie.

Jahrbuch für Bergbau, Energie, Mineralöl und Chemie 1976/77. — *Essen 1976, Verlag Glückauf GmbH, 1369 pages. Relié. Prix : 48 DM.*

Avec le volume 1976/77, l'annuaire des mines, de l'énergie, des huiles minérales et de la chemie renforce sa réputation d'être l'annuaire le meilleur le plus fiable en ce qui concerne l'économie énergétique et minière dans la République Fédérale d'Allemagne et en Europe Occidentale. Aucune autre publication ne donne une idée plus fidèle de la situation actuelle dans ces domaines de l'économie que cet ouvrage de référence technico-économique, diffusé dans le monde entier et qui signale depuis plusieurs années, de façon absolument objective et complète les entreprises concurrentes dans ces branches d'activité. L'annuaire donne un rapport détaillé de l'industrie charbonnière dans la Communauté Européenne et de toutes les exploitations de minerais, de potasse, de carrières et d'argiles. Le chapitre consacré à l'économie de l'électricité, qui avait déjà été fortement élargi les dernières années, gagne encore en importance en donnant la liste des entreprises d'électricité régionales et communales. Les données relatives aux centrales publiques et industrielles de la RFA et de certains pays européens et aux centrales nucléaires en activité ou en projet sont mises à jour pour le premier semestre 1976. L'ouvrage donne également des renseignements complets sur les organismes travaillant dans le cadre de la communauté économique européenne et des associations représentatives de chaque pays.

De la même manière, l'annuaire fait rapport sur le réseau européen de gaz naturel et, pour chaque pays, en citant toutes les organisations internationales participantes et les entreprises étrangères. Des informations détaillées sont également données sur la découverte de gisements de pétrole et de gaz naturel dans la Mer du Nord, avec les compagnies qui y participent, et l'industrie des huiles minérales dans la RFA, aux Pays-Bas, en Belgique et dans l'Est de la France, ainsi que leurs raffineries et leurs pipelines.

De nouvelles cartes en couleurs relatives à l'approvisionnement en énergie et en matières premières illustrent de façon très heureuse la partie rédactionnelle. Il faut signaler particulièrement le chapitre « Equipements industriels et services », dans lequel les principales firmes exposent leur programme, et le registre alphabétique d'environ 250 pages qui permet de trouver sans difficulté la personne ou la firme souhaitée.

L'article qui constitue cette année l'introduction de l'annuaire, intitulé « Evolution de l'énergie dans le monde. Son influence sur la conjoncture actuelle et future », s'adresse à toutes les branches de l'économie vu son importance dans tous les domaines et son actualité. Cet article est écrit par un éminent spécialiste, M. Erich Schieweck.

En bref, l'annuaire 1976/77 est une source d'informations de premier ordre et de grande fiabilité

Imprimerie Robert LOUIS, s.p.r.l., rue Borrens 35-43, 1050 Bruxelles
Drukkerij Robert LOUIS, p.v.b.a., Borrensstraat 35-43, 1050 Brussel